Bald nach Erfindung des Fernrohrs wurde dasselbe, wie es scheint, von Kepler benutzt, um nach einem oder mehreren Monden des Mars zu suchen. Es zeigte sich jedoch keine Spur derselben, und ebenso vergeblich waren die Nachforschungen W. Herschels. Auch d'Arrest unternahm bei der Opposition von 1864 eine planmäßige Nachsuchung mittels des $10^1/_2$ zolligen Refraktors zu Kopenhagen. Er kam zu dem richtigen Ergebnisse, daß ein Marsmond bis zur 12. Größe, wenn er 8 bis 10 Bogenminuten weit von seinem Hauptplaneten entfernt gewesen, seiner Wahrnehmung nicht entgangen wäre, bei größrer Nähe zum Mars konnte freilich ein Stern von dieser Lichtschwäche nicht mehr gesehen werden. Infolgedessen hielt man es für ausgemacht, daß Mars nicht von einem Monde begleitet sei, ja einzelne Schriftsteller suchten sogar nachzuweisen, weshalb Mars keinen Mond haben könnte. Bei der sehr günstigen Opposition des Jahres 1877 zeigte sich das Irrige dieser Anschauungen. Damals war in Washington bereits der 26zollige Refraktor von Clark aufgestellt und A. Hall benutzte ihn, um nochmals gründlich nach etwaigen Marsmonden zu suchen. Seine Hoffnungen waren dabei von vornherein so gering, daß er fast seinen Vorsatz wieder aufgegeben hätte, wenn ihn nicht seine Gattin zur Ausführung angeregt hätte. Am 10. August begann er die nächste Nachbarschaft um den Mars zu durchmustern, und in der folgenden Nacht gegen $2^1/_2$ Uhr morgens notierte er u. a. auch ein feines Sternchen 71″ nordöstlich von dem Planeten. Die nächste Nacht war trübe, und erst am 15. konnte die Arbeit wieder aufgenommen werden; allein ein Gewittersturm, der Abends ausbrach, hatte die Atmosphäre in schlechten Zustand versetzt, und Mars sah so verwaschen aus, daß eine genaue Prüfung aussichtslos war. Am 16. August wurde das Objekt wieder gefunden, und zwar auf der nachfolgenden Seite des Planeten, auch zeigten die Beobachtungen dieser Nacht, daß es sich mit dem Planeten bewege. Am folgenden Abende, als Prof. Hall auf diesen (äußeren) Satelliten wartete, sah er den innern. Die am 17. und 18. August angestellten Beobachtungen nahmen jeden Zweifel über den Charakter beider Objekte und ihre Entdeckung wurde am letzten Tage vom Admiral Rodgers veröffentlicht. Mehrere Tage hindurch war der innere Satellit ein Rätsel. Er zeigte sich in ein und derselben Nacht an verschiedenen Seiten des Planeten, und Prof. Hall dachte infolgedessen an zwei oder drei innere Monde, da es ihm sehr unwahrscheinlich erschien, daß ein Satellit in kürzerer Zeit um seinen Zentralkörper rotiere, als dieser um seine Achse. Um hierüber ins klare zu kommen, verfolgte er den Mond während der Nacht des 20. und 21. August unausgesetzt und fand, daß in der That nur ein innerer Mond vorhanden sei, der seinen Umlauf in weniger als ein Drittel der Zeit vollführe, die Mars zur Rotation bedarf — ein Fall, der einzig im Sonnensystem dasteht.

Die Entfernung des äußeren Mondes vom Zentrum des Mars beträgt 3,458 Halbmesser des Mars oder 23300 Kilometer, diejenige des innern 1,385 Marsdurchmesser oder 9300 Kilometer, ja dieser letztere Mond kann einem Punkte der Marsoberfläche bis auf 6000 Kilometer nahe kommen: das ist eine Entfernung geringer als diejenige von England nach der Südspitze Afrikas. Der äußere Marsmond läuft um seinen Planeten in $30^1/_4$ Stunden in der Richtung von West

nach Ost. Da sich nun Mars selbst in 24,6 Stunden in gleicher Richtung um seine Achse dreht, so kommt der genannte Mond für einen Beobachter auf dem Mars scheinbar nicht so rasch vorwärts als seiner wahren Geschwindigkeit entspricht, er braucht vielmehr 132 Stunden um wieder in dieselbe Himmelsrichtung zu gelangen. Für den innern Mond tritt sogar, vom Mars gesehen, die Eigentümlichkeit ein, daß seine Bewegung derjenigen des äußeren entgegengesetzt ist. Seine Umlaufszeit beträgt nämlich nur $7^2/_3$ Stunden, er bewegt sich also stündlich um einen Bogen von nahezu 47 Grad ostwärts, während Mars sich nur stündlich um $14^3/_5$ Grad dreht. Daher kann die wahre Bewegung des innersten Marsmondes nicht durch die Umdrehung des Mars selbst verdeckt werden. Die etwaigen Bewohner des Mars sehen also ihren nächsten Mond abweichend von allen übrigen Himmelskörpern im Westen auf- und im Osten untergehen.

Gleich nach Entdeckung der Marsmonde tauchten viele Vorschläge zu Namen für dieselben auf. Hall wählte die von Madan in Eton vorgeschlagene Benennung Deimos für den äußern, Phobos für den innern Mond. Diese Namen, Furcht und Schrecken, sind der griechischen Mythologie entlehnt, wo sie die Söhne des Ares bezeichnen, die sein Gespann anschirren, während er selbst sich zum Kampfe rüstet.

Wenn man glauben wollte, daß die beiden Marsmonde die Nächte dieses Planeten in irgend erheblicher Weise erhellten, so würde dies sehr irrig sein. Deimos befindet sich, wie sich durch Rechnung feststellen läßt, für einen Ort der Marsoberfläche 72 Stunden lang unter dem Horizonte und nur 60 Stunden über demselben; Phobos $6^1/_2$ Stunde unter und $4^1/_2$ Stunde über dem Horizont. Endlich zeigen die Monde einem Beobachter auf dem Mars nie Vollicht, weil sie alsdann im Schatten des Hauptplaneten stehen und folglich verfinstert sind. Mars sieht also nur die Phasen seiner Monde; und den Polargegenden desselben sind diese überhaupt unsichtbar. Die wirklichen Durchmesser beider Monde sind zudem sehr gering, von der Erde aus erscheinen sie nur als Punkte, aber man hat aus ihrer geringen Helligkeit geschlossen, daß der äußere Mond höchstens 2, der innere $1^1/_2$ deutsche Meilen im Durchmesser hat.

Wir sehen, welche wundervolle und reiche Mannigfaltigkeit der Planet Mars unserm Forschen darbietet, aber dennoch hat diese Welt etwas uns gewissermaßen heimatlich Erscheinendes im Vergleich zu den Bildungen, auf welche wir weiterhin treffen werden.

Ein weiter, dunkler Raum, lange für eine öde Wüste gehalten und auch jetzt nur durch die Wissenschaft mit einer Schar seltsam kleiner Weltkörper bevölkert, trennt uns noch von einem Reiche wunderbarer, gewaltiger Gestalten, für welche der irdische Maßstab nicht mehr ausreicht. Diese weite, 74 Millionen Meilen umfassende Kluft, welche die erdeverwandten, sonnennahen Planeten von den fernen Riesenwelten unsres Systems scheidet, ist das Ziel unsres nächsten Ausfluges.



Geburtshaus von Gauß.

Fünftes Kapitel.

Die Planetoiden.

So im Kleinen ewig wie im Großen
Wirkt Natur, wirkt Menschengeist, und beide
Sind ein Abglanz jenes Urlichts droben,
Das unsichtbar alle Welt erleuchtet.

Die Geschichte des Weltraumes zwischen dem eben verlassenen Mars und dem noch 74 Millionen Meilen fern von uns schwebenden Jupiter ist eine der anziehendsten Episoden in der Geschichte der Wissenschaft, und nirgends tritt so deutlich die Bereitwilligkeit hervor, mit welcher der Zufall seine Hand bietet, sobald die Hilfsmittel der Beobachtung und die theoretische Kenntnis der Gesetze gemeinsam in ein gewisses Stadium ihrer Entwickelung getreten sind.

Allen wichtigen Wendepunkten in der Geschichte der Wissenschaft pflegt ein allgemeines, ahnungsvolles Drängen auf ein nahes, wenn gleich oft kaum erreichbar scheinendes Ziel voranzugehen. Jenes dunkle philosophische Vorgefühl der Alten von dem Dasein zahlreicher ungesehener Planeten im Himmelsraume war seit Kepler zu einer bewußten, auf kosmische, freilich noch nicht wissenschaftlich zu begründendende Verhältnisse gestützten Vermutung geworden. Seit man die

Abstände der Planeten voneinander genauer kennen gelernt hatte, mußte auch die große Lücke zwischen Mars und Jupiter immer auffälliger erscheinen. Ein mystisches Zahlenspiel war es zwar zunächst, worin jene Ahnung ihren Ausdruck fand. Die Sphärenharmonie der Alten war noch nicht ganz verklungen, und der bezaubernde Sang der Sirenen, denen Plato einst ihren Sitz auf den Planetensphären angewiesen hatte, hallte selbst noch in den Ohren eines Kepler wider. Es waren Analogien der Tonverhältnisse mit den Abständen der Planeten, auf welche der berühmte Entdecker der Gesetze der Himmelsbewegungen die kühne Vermutung der Existenz eines noch ungesehenen Planeten in der großen planetenlosen Kluft zwischen Mars und Jupiter gründete. Die wissenschaftliche Weltanschauung entkleidete sich im Laufe der Jahrhunderte ihres poetischen Schmuckes, und um die Mitte des 18. Jahrhunderts begegnet uns nur noch ein nüchternes Zahlenspiel. Der Wittenberger Astronom Titius machte um diese Zeit den Versuch, die Abstände der Planeten auf eine Zahlenreihe zurückzuführen. Wenn man den Abstand des äußersten Planeten Saturn von der Sonne in 100 Teile einteilt, sagte er, so kommen vier solche Teile auf den Abstand des Merkur, $4 + 3 = 7$ derselben auf den Abstand der Venus, $4 + 6 = 10$ auf den der Erde, $4 + 12 = 16$ auf den des Mars. Dann aber tritt eine Lücke in dieser Reihe ein, die durch Verdoppelung der Unterschiede fortschreitet. Erst Jupiter und Saturn entsprechen wieder weiteren Gliedern derselben. Jene Lücke, welcher die Zahl 28 für den Abstand von der Sonne entsprechen sollte, glaubte nun Titius mit den unbekannten Trabanten des Mars oder des Jupiter ausgefüllt. Auch andre Astronomen begannen sich mit solchen Reihen zu beschäftigen, und vor allen Bode, nach dem sogar diese Reihe, die nicht einmal den einfachsten Bedingungen einer arithmetischen Reihe genügt, den Namen des Bodeschen Gesetzes erhielt.

Gleichwohl schien jenes Zahlenspiel durch Herschels Entdeckung eines neuen Planeten an den Grenzen unsres Systems eine gewisse Bestätigung zu erhalten; denn auch der Uranus paßte in die Reihe. Die Erwartung, nun jene Lücke zwischen Mars und Jupiter durch eine ähnliche Entdeckung ausgefüllt zu sehen, ward immer lebhafter, und wenn auch die Philosophen der damaligen Zeit, selbst der große Philosoph von Königsberg, sich schnell jeder Sorge durch den Gedanken zu entledigen wußten, daß der vermutete Planet von der gewaltigen Masse des Jupiter aufgezehrt sei, so glaubten die Astronomen bescheiden seine Abwesenheit aus den Mängeln der bisherigen Beobachtung zu erklären. Für die Astronomen galt es also Versäumtes nachzuholen, und dazu rüstete man sich in der That mit einem bewundernswürdigen Eifer. Am 21. September des Jahres 1800 trat sogar eine Gesellschaft von Astronomen zu dem Zwecke einer systematischen Aufsuchung des zwischen Mars und Jupiter vermuteten Planeten zusammen. Vierundzwanzig über ganz Europa zerstreute Astronomen sollten sich nach diesem Plane in den Tierkreis teilen, jeder eine genaue Himmelskarte seines Departements bis zu den kleinsten teleskopischen Sternen entwerfen und durch wiederholte Revision am Himmel sich des unverrückten Zustandes seines Distriktes oder jedes wandernden fremden Gastes versichern. Durch eine solche streng organisierte, in 24 Departe-

ments abgeteilte Himmelspolizei hoffte man endlich dem so lange menschlichen Blicken verborgenen Planeten auf die Spur zu kommen. Ehe aber noch diese Gesellschaft ihre Thätigkeit recht entfalten konnte, kam ihr der Zufall zuvor.

Es war am ersten Tage des 19. Jahrhunderts, am 1. Januar 1801, als dem Astronomen Piazzi in Palermo, der sich bereits seit neun Jahren mit der Aufstellung seines berühmten Sternverzeichnisses beschäftigte, beim Aufsuchen eines kleinen Sternes im Stier der Zufall jenen lange gesuchten Stern in das Feld seines Fernrohres führte. Ohne eine Ahnung von der Bedeutung seiner Beobachtung zu haben, notierte er nur die Stellung dieses Sternes, der etwa achte Größe zeigte. Auch als er am andern Abende nach seiner Gewohnheit, jede Bestimmung zu wiederholen, den Stern aufs neue beobachtete und eine auffallende Abweichung von der ersten Beobachtung erkannte, glaubte er die Ursache nur in Fehlern seiner Notierung sehen zu dürfen. Als sich aber diese Ortsveränderung in den folgenden Tagen wiederholte, und zwar mit unverkennbarer Regelmäßigkeit, da konnte er sich nicht mehr die freudige Gewißheit verbergen, daß er die Entdeckung eines wirklichen Wandelsternes gemacht habe. Nur darüber durfte er noch im Zweifel bleiben, ob er es mit einem eigentlichen Planeten oder mit einem eigentümlichen schweiflosen Kometen zu thun habe. Es war, wie die Folge lehrte, in der That ein Planet, der noch heute den Namen führt, den ihm der Entdecker gab; es war die Ceres.

Leider versäumte Piazzi, in dem Verlangen, mit der Ehre der Entdeckung auch die Ehre der ersten Berechnung zu vereinigen, die sofortige Veröffentlichung seiner Entdeckung. Erst am 24. Februar gab er Bode eine Nachricht. Aber ehe bei der Langsamkeit des damaligen Verkehrs, der zumal durch die Napoleonischen Kriegswirren noch erschwert wurde, diese Nachricht nach Deutschland gelangte, waren drei Monate vergangen, und die Ceres hatte sich längst wieder in den Sonnenstrahlen verborgen. Ihr Wiederauffinden schien abermals dem Zufalle anheimgegeben, und das war eine trostlose Aussicht. Aber es scheint, als ob damals sich alles vereinigen sollte, die unbekannten Welten ihrer langen Verborgenheit zu entreißen.

Wir müssen uns die Gefahr, in welcher diese neue Entdeckung schwebte, in ihrer ganzen Größe vorstellen. Die Lehre von der Bahnbestimmung der Himmelskörper lag damals noch sehr im argen. Durch die unsterblichen Thaten eines Kepler und Newton war man allerdings in den Stand gesetzt, die Bahnen der Planeten mit großer Genauigkeit zu berechnen, aber nur mit Hilfe der bekannten Umlaufszeiten. Wenn ein Weltkörper sich nur auf kurzen Bahnstrecken der Beobachtung zugänglich erwies, wie die Kometen, sah man sich gezwungen, die wahre elliptische Bahnform durch eine parabolische zu ersetzen und so ins Unbestimmte, Unendliche hin auszudehnen, um wenigstens für den kurzen Lauf in der Nähe der Sonne genügende Bestimmungen zu erlangen. Wenn der berühmte Halleysche Komet des Jahres 1759 eine Ausnahme zu machen scheint, so gelang die Berechnung seiner elliptischen Bahn doch auch nur dadurch, daß man auf frühere Erscheinungen desselben Kometen zurückging, also eine bekannte Umlaufszeit

zu Grunde legte. Auch bei dem neuentdeckten Planeten Herschels, dem Uranus, waren die Schwierigkeiten nicht bedeutend, teils wegen der nahezu kreisförmigen Gestalt seiner Bahn, teils weil seine Lichtstärke und die Langsamkeit seiner Bewegung sein Wiederauffinden wesentlich erleichterten. Ganz anders gestaltete sich die Lage für die Entdeckung Piazzis. Hier war ein Himmelskörper nach nur wenigen Tagen der Beobachtung verloren gegangen. Hier also trat in unerbittlicher Strenge die Forderung an die Astronomen des 19. Jahrhunderts, die Lösung des großen Problems zu vollbringen: die geschlossene Bahn eines Weltkörpers zu bestimmen aus Beobachtungen, die nur wenige Tage umfassen. Gelang diese Lösung nicht — und die größten Astronomen bezweifelten sie — so war der eben gewonnene Fund vielleicht unwiederbringlich verloren. Da war es einer der größten Geister aller Jahrhunderte, der kaum 24jährige Gauß, welcher die junge Ceres ihrem Schicksale entriß, indem er die Lösung jenes für unlösbar gehaltenen Problems vollzog. Ich darf diese Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne mit einigen Worten der Lebensverhältnisse dieses größten mathematischen Genius, den je die Erde trug, hier zu gedenken. Karl Friedrich Gauß ward geboren am 30. April 1777 als der Sohn eines armen Bäckers. Schon in früher Jugend gab er glänzende Proben seines erstaunlichen Scharfsinnes in Lösung mathematischer Probleme. In den Jahren 1792 bis 1795 besuchte er das Collegium Carolinum in Braunschweig und studierte dann von 1795 bis 1798 auf der Universität Göttingen. Als er von der Entdeckung Piazzis hörte und von der Verzweiflung aller Astronomen und Mathematiker, die Bahn des neuen Planeten zu bestimmen, widmete er dem Probleme seine Aufmerksamkeit und gab die Lösung der Aufgabe in einer solchen Weise, daß selbst bis heute keine wesentliche Vervollkommnung derselben möglich erscheint. Gauß berechnete nach seinen Formeln die Bahn und den scheinbaren Ort der Ceres und veröffentlichte seine Untersuchungen. Aber die Astronomen hatten so wenig Vertrauen zu der Arbeit des jungen, unbekannten Mannes, daß sie dieselbe nicht einmal genauer ansahen. Nur Olbers in Bremen, seines Standes Arzt, aber einer der tüchtigsten damaligen Himmelsforscher, prüfte die Untersuchung von Gauß genauer und überzeugte sich von ihrer großen Bedeutung. Er legte sie seinen Nachforschungen zum Grunde und fand in der That am 1. Januar 1802 die Ceres sehr nahe an dem Orte, welchen die Formeln von Gauß ihr anwiesen. Das war der größte Triumph für den Mathematiker und die Wissenschaft, und von besonderer Bedeutung deshalb, weil es in der Folge nicht bei einem Planeten zwischen Mars und Jupiter blieb, sondern eine ganze Schar derselben aufgefunden wurde, deren Bahnen sich gegenseitig durchkreuzen. Es konnte nicht fehlen, daß für Gauß selbst die Anerkennung der wissenschaftlichen Welt nicht ausblieb. Im Jahre 1807 wurde er ordentlicher Professor der Mathematik und Direktor der Sternwarte in Göttingen, und fuhr unermüdlich fort, die Wissenschaft mit den wichtigsten Lehrsätzen und Untersuchungen zu bereichern. Welchem Gebiete er sich auch zuwandte, allenthalben eröffnete sein großer Geist neue, auf Anwendung der Mathematik basierende Bahnen. So trat z. B. die Theorie des Erdmagnetismus sofort in ein ganz neues Stadium der

Entwickelung, als Gauß sich damit zu beschäftigen begann. Von besonderer Wichtigkeit für die Astronomie ist noch seine „Methode der kleinsten Quadrate", durch welche es möglich wird, aus einem Komplex von Beobachtungen die wahrscheinlichsten Werte abzuleiten. Hoch betagt starb der deutsche Newton am 23. Februar 1855, von der Mit- und Nachwelt als der erste Mathematiker aller Zeiten bewundert.

Wenden wir uns wieder den kleinen Planeten, der Entdeckung Piazzis und der Wiederauffindung der Ceres durch Olbers zu.

Wenige Monate nach dieser glücklichen That führte der Zufall den Bremer Astronomen Olbers zu einer neuen Entdeckung. Als er am 28. März 1802 die Ceres beobachtete, bemerkte er ganz in ihrer Nähe einen kleinen Stern, der nach seiner genauen Kenntnis dieses Teils des Himmels noch nie zuvor dort gestanden haben konnte. Fortgesetzte Beobachtungen erwiesen bald die Beweglichkeit dieses Gestirns. Es war ein Glück, daß die Ceres damals bereits wiedergefunden war, sonst hätte die Verwirrung noch dadurch gesteigert werden können, daß man diesen zweiten Planeten, zumal bei der auffallenden Ähnlichkeit der Bewegungen, für eine Wiedererscheinung des ersteren gehalten hätte. Dabei lag zugleich etwas so Überraschendes und so ganz allen damaligen Vorstellungen von der Weltordnung Widersprechendes in dem Gedanken, daß man in jener Lücke zwischen Mars und Jupiter nun statt eines Planeten zwei oder wohl gar mehrere neben und miteinander kreisende erblicken sollte, daß selbst Zach den neu entdeckten Fremdling nur unter dem Namen eines Kometen zu verkünden wagte, und daß Herschel ihm wie der Ceres nur die Benennung von Asteroiden zugestehen wollte. Man hat damals dem großen Astronomen den ungerechten Vorwurf gemacht, er habe den ersten Entdeckern dieser Weltkörper eine Ehre nicht vergönnt, die ihm, dem Entdecker des Uranus, sie an die Seite gestellt hätte. Aber Herschel war in der That so von den sonderbarsten Vorstellungen über das Wesen dieser neuen Gestirne erfüllt, die er für ein Mittelding zwischen Planeten und Kometen gehalten wissen wollte, daß er dadurch sogar die Schönheit und den Schmuck unsres Systems noch mehr erhöht meinte, als es selbst durch Entdeckung eines neuen Planeten hätte geschehen können. Die Berechnungen des scharfsinnigen Gauß erwiesen bald die wahre Planetennatur des neuen Gestirns, dem man den Namen Pallas gab.

Der seltsame Umstand, daß zwei Planeten nahe in derselben mittleren Entfernung ihre Bahnen um die Sonne durchlaufen, die Kleinheit dieser Körper, die nur mit Teleskopen gesehen werden konnten, die eigentümliche Lage ihrer Bahnen, die an einer Stelle einander fast begegnen, das alles leitete Olbers auf den sinnreichen Gedanken, daß man hier vielleicht nur die Bruchstücke eines größeren, durch irgend eine unbekannte Katastrophe zertrümmerten Planeten vor sich habe. Es lag also die Vermutung nahe, daß noch andre solche Bruchstücke durch ein aufmerksames und zweckmäßig geordnetes Suchen am Himmel gefunden werden möchten. Es war aber auch ferner notwendig, wenn die Olberssche Ansicht die richtige war, daß die Bahnen aller dieser Planetenbruchstücke sehr nahe in denjenigen Punkten des Raumes zusammentreffen mußten, wo die Katastrophe des ursprünglichen

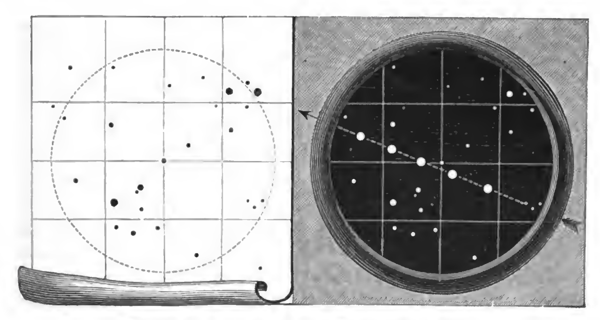
Planeten stattgefunden hatte. Für Ceres und Pallas waren es die Sternbilder des Walfisches und der Jungfrau, in welchen eine solche Annäherung stattfand, und diese Sternbilder mußten es also auch sein, auf welche die fernere Aufmerksamkeit der Planetensucher sich zu richten hatte.

Jedenfalls war es jetzt nicht mehr ein bloßer Zufall zu nennen, wenn Harding in Lilienthal bei der Vergleichung seiner zu diesem Zwecke angefertigten Himmelskarten mit dem Himmel selbst am 1. September 1804 in den Fischen einen Stern siebenter bis achter Größe auffand, den er bald als einen neuen Planeten, den dritten in der Gruppe zwischen Mars und Jupiter erkannte. Es schien zugleich, als ob die Olberssche Hypothese durch diese Entdeckung eine gewisse Bestätigung erhalten sollte, da die Berechnung zeigte, daß auch die Bahn dieses Planeten, der den Namen Juno erhielt, die Ebene der Ceresbahn nicht weit von dem Orte kreuzte, an welchem auch die Pallasbahn der Bahn der Ceres sich näherte. Aber eine neue scheinbare Bestätigung ward dieser Hypothese durch Olbers selbst. Am 29. März 1807 entdeckte er in dem Sternbilde der Jungfrau, also an einer der beiden Stellen des Himmels, die er selbst der Nachforschung empfohlen hatte, den vierten Planeten in dieser Reihe, die Vesta.

Ich möchte den Leser aber keineswegs zu dem irrigen Glauben verleiten, als ob Vermutungen in der Wissenschaft stets von solchen glücklichen Erfolgen gekrönt wären. Die Hemmnisse und Nachteile, die sie der Forschung bereiten, sind weit häufiger und weit bedeutender. Auch hier blieben sie nicht aus. Es ist klar, daß durch jene Ansicht, alle noch zu entdeckenden Himmelskörper jener Gruppe müßten einmal in ihrem Laufe um die Sonne die Sternbilder der Jungfrau und des Walfisches passieren, der Nachforschung gewisse Schranken gezogen und damit die Aussichten auf Erfolg notwendig verringert werden mußten. Nachdem daher Olbers und Harding jahrelang den Himmel auf das sorgfältigste durchsucht hatten, ohne neue Planeten zu finden, begann man sich allmählich an den Gedanken zu gewöhnen, daß die Zahl dieser Welten nun abgeschlossen sei.

Der lange Zeitraum der Ruhe, welcher jetzt eintrat, wurde durch ein Unternehmen ausgefüllt, das wesentlich dazu beitrug, eine neue Epoche der Entdeckungen herbeiführen. Es war die Ausführung genauer Sternkarten, welche die ganze Äquatorialzone des Himmels in einer Breite von 30 Graden und alle Sterne von erster bis neunter Größe umfassen sollten. Bessel in Königsberg hatte sie angeregt, die Akademie der Wissenschaften in Berlin übernahm die Herausgabe. Diese Karten gelangten auch in die Hände von Dilettanten und gewährten in Verbindung mit der gleichzeitigen Verbreitung guter Fernrohre auch diesen einen Anteil an der astronomischen Forschung. Sie gestatteten bei der Treue des Bildes, das sie von dem betreffenden Teile des Himmels gaben, durch öfteres Vergleichen mit dem wirklichen Himmel jede Veränderung leicht zu ermitteln. Jedenfalls hat die damals schon beginnende Verbreitung der astronomischen Wissenschaft in die verschiedensten Kreise des Volkes, ihr schon durch die vorangegangenen großen Entdeckungen bedingtes Heraustreten aus der Enge der Studierzimmer, einen wesentlichen Anteil an der reichen Entdeckungsepoche gehabt, die mit dem Jahre 1845 ihren

Anfang nahm und noch nicht geschlossen ist. Gerade für Dilettanten hatte es etwas besonders Lockendes, auf eine verhältnismäßig leichte Art sich einen bleibenden Namen in der Wissenschaft zu erwerben. Es bedarf nämlich dazu nur einer genauen Vergleichung des Himmels im Fernrohre mit der nebenliegenden Karte. Die nachstehende Figur macht uns das Prinzip bei Aufsuchung eines neuen Planeten deutlich. Wir sehen rechts den Raum des Himmels, auf welchen das Fernrohr gerichtet ist, kreisförmig abgegrenzt durch das Gesichtsfeld des Instruments. Links liegt die aufgeschlagene Karte, und zu größerer Verdeutlichung ist das Gesichtsfeld des Fernrohres durch einen punktierten Kreis bezeichnet. Der Stern, dessen scheinbarer Lauf rechts durch den Pfeil angedeutet ist, findet sich nicht in der Karte, welche nur die feststehenden oder Fixsterne enthält: er muß also ein Planet sein.



Ekliptische Karte zum Zwecke der Auffindung kleiner Planeten.

Einem Dilettanten war es denn auch vorbehalten, die Reihe der Entdeckungen zu eröffnen. Dem ehemaligen Posthalter Hencke in Driesen glückte es am 8. Dezember 1845, den fünften dieser Reihe, die Asträa zu entdecken. Hencke war geboren am 8. April 1793 zu Driesen in der Neumark, wo sein Vater die Stelle eines Stadtkämmerers bekleidete. Als freiwilliger Jäger machte er die Freiheitskriege mit, wobei er in der Schlacht bei Lützen verwundet wurde, war dann in einigen Orten Postbeamter und wurde zuletzt mit einer kleinen Pension auf seinen Wunsch aus dem Staatsdienste entlassen. Seine Mußestunden widmete er der Musik sowie der Himmelskunde und beschäftigte sich seit dem Jahre 1825 mit Herstellung von Himmelskarten im Maßstabe einer Kugel von 14 Fuß (etwa $4^1/_2$ m) Durchmesser. Ein Fraunhofersches Fernrohr von 72 mm Öffnung war das einzige Instrument, das ihm zu Gebote stand. Sein Bestreben war, alle in diesem Fernrohre sichtbaren Sterne in seine Karten einzutragen. Wie mühsam diese Arbeit sein mußte, läßt sich ermessen, wenn man erwägt, daß das Observatorium dieses Beobachters auf dem Speicher seines kleinen Wohnhauses sich befand!

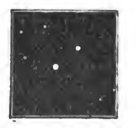
In einer Höhe von $1^1/_2$ m waren an der südlichen Dachseite einige Dachziegel so befestigt, daß sie leicht herausgenommen werden konnten; an einer so frei werdenden Latte wurde eine Nuß angeschraubt, welche eine hölzerne Rinne trug, und in diese wurde das Fernrohr gelegt und mit Bindfaden befestigt. Auf einem nebenstehenden Tische breitete Hencke gewöhnlich seine Karte aus und begann in diese jeden Stern einzutragen, den er in seinem Fernrohre sah. Die spätere Vergleichung der auf solche Weise durchmusterten Himmelsgegend zeigte dann, ob sich unter den eingetragenen Sternen solche befanden, die ihren Ort am Himmel veränderten. So fand Hencke die Asträa, so auch später die Hebe. Der von ihm eingeschlagene Weg wird noch heute von allen Planetoidensuchern verfolgt, wie ich bereits oben näher auseinandersetzte. Ein seltsamer Wettstreit begann jetzt. Astronomen und Dilettanten aller Nationen beeiferten sich, unsre Weltordnung mit neuen Bürgern zu bevölkern. Die Fülle der sich nun drängenden Entdeckungen war also keineswegs mehr ein bloßes Werk des Zufalls, sondern wesentlich eine Folge glücklicher und fleißiger Benutzung der vorhandenen Sternkarten.

Wir dürfen uns aber auch die Arbeit, die jetzt noch erforderlich war, keineswegs gering vorstellen. Die kleinen Planeten, die man entdecken wollte, besitzen meist nur das Licht von Sternen neunter bis elfter Größe. Die besten bis dahin vorhandenen Karten, die Berliner, enthielten aber höchstens nur Sterne neunter Größe. Es galt also mindestens diese zu vervollständigen. Nun umfaßt der Tierkreis, in welchem die Planeten aufzusuchen sind, 24 sogenannte Stunden. Eine der sternärmsten dieser Stunden, die zehnte des Tierkreises, enthält nur zehn dem bloßen Auge sichtbare Sterne, dagegen mehr als 3000 Sterne erster bis elfter Größe, von denen wieder die Hälfte auf die beiden letzten Größenklassen allein kommt. Welche Zeit und Ausdauer gehört also dazu, nicht allein solche Karten herzustellen, sondern vollends sie mit dem wirklichen Himmel beständig zu vergleichen! Bedeutend vereinfacht wird diese Arbeit allerdings durch einen Umstand, der aber, so nahe er zu liegen scheint, doch erst spät praktische Beachtung fand. Wir wissen, daß jede Planetenbahn die Ebene der Erdbahn, die Ekliptik, notwendig in zwei Punkten schneidet, die man den auf- und niedersteigenden Knoten nennt. Mindestens zweimal in seinem Laufe um die Sonne muß also jeder Planet in der Nähe der Ekliptik gesehen werden. Es ist daher nur nötig, eine schmale Zone um die Ekliptik mit großer Sorgfalt zu durchmustern, um sicher zu sein, alle Planeten im Laufe der Zeit zu entdecken, wenn sie eben im Begriffe sind, einen der beiden Knoten ihrer Bahn zu passieren.

Das größte Verdienst um die praktische Verwertung dieses Gedankens gebührt jedenfalls Russel Hind, damals Astronom an der Privatsternwarte des Herrn Bishop in Twickenham bei London. Seine Karten umfassen eine Zone von 3 Grad zu beiden Seiten der Ekliptik und enthalten alle Sterne bis zur elften Größe. An sie knüpfen sich die außerordentlichsten Erfolge; gelang es doch Hind selbst in dem kurzen Zeitraum von sieben Jahren zehn neue Planeten zu entdecken! Später begannen auch Chacornac in Marseille und de Gasparis in Neapel solche und zum Teil noch umfassendere Ekliptikalkarten zu entwerfen,

und auch ihre Bemühungen wurden reichlich belohnt. Von der Reichhaltigkeit solcher Sternkarten will ich hier eine Darstellung geben. Wir sehen hier ein kleines Kärtchen, welches einen Teil des Sternbildes der Zwillinge enthält, wie sich dieser dem bloßen Auge darstellt. Dasselbe Stück des Himmels, wie es in dem großen Foucaultschen Teleskope erscheint, ist weiterhin (auf S. 277) getreu nach Chacornacs ekliptischem Atlas reproduziert.

Man glaube ja nicht, alle diese Sterne seien nur oberflächlich eingetragen, um den allgemeinen Eindruck annähernd wiederzugeben, vielmehr ist jedes Sternchen sorgfältig nach Lage und Helligkeit eingezeichnet, so daß, wenn sich bei Vergleichung mit dem Himmel ein Sternchen zeigt, das sich nicht in dieser Karte findet, sofort seine planetarische Natur dadurch höchst wahrscheinlich wird. Ist aber auch durch solche Hilfsmittel das Aufsuchen von Planeten am Himmel wesentlich erleichtert und bereits zu einer mehr oder minder bloß mechanischen Fertigkeit im Vergleichen der Karten mit dem Himmel herabgesunken, so bleibt doch dem Zufall noch immer ein bedeutender Spielraum, und in der That hat er bisweilen eine merkwürdige Rolle gespielt. Den besten Beweis dafür liefert ein Ereignis aus dem Leben eines der thätigsten und glücklichsten Planetenentdecker, des Malers Hermann Goldschmidt in Paris. Am Abend des 22. Mai 1836 kehrt er in sein bescheidenes, im sechsten Stockwerk gelegenes Zimmer zurück, das ihm gleichzeitig als Malerwerkstatt, Schlafkammer und Sternwarte dient. Er findet sein Zimmer gescheuert, und um seine gewohnten Himmelsbeobachtungen, mit denen er zur Erholung von den Malerarbeiten des Tages oft ganze Nächte ausfüllt, nicht auszusetzen, begibt er sich unter das Dach des Hauses. Er richtet sein Fernrohr aus einer Dachluke von ungefähr auf eine Gegend des Himmels, die er von seinem Zimmer aus nicht einmal hätte sehen können, und — siehe da! — er erspäht einen neuen Planeten, die Daphne!


Teil des Sternbildes der Zwillinge, gesehen mit bloßem Auge.

Als die Planetenentdeckungen sich in so überraschender Weise mehrten, hat es sich mehr als einmal ereignet, daß derselbe Planet gleichzeitig oder doch kurz hintereinander von mehreren Beobachtern entdeckt wurde. Zu wiederholten Malen kam es vor, daß zwei Planeten in einer einzigen Nacht, einmal sogar von demselben Beobachter aufgefunden wurden. Namentlich seit dem Jahre 1854 häuften sich die Entdeckungen in so überwältigender Weise, daß infolge der Überbürdung mit zeitraubenden Berechnungen und Beobachtungen neuer Himmelskörper die Astronomen nicht mehr Schritt halten konnten. Mancher Planet geriet in Gefahr, kaum gefunden wieder verloren zu gehen, und die Wiederauffindung solcher Planeten ward bald ein nicht geringeres Verdienst als die Entdeckung neuer. Höchst bezeichnend für diese Periode unsrer Wissenschaft ist die Aufforderung, welche bei Gelegenheit einer solchen Gefahr, welche der kaum aufgefundenen Daphne drohte, der Observator an der Sternwarte zu Altona im Jahre 1856 erließ, man möge doch in den Entdeckungen eine mehrjährige Pause eintreten lassen. Daß dieser naiven Aufforderung gleichwohl aus

sehr begreiflichen Gründen keine Folge gegeben ward, haben die letzten Jahre bewiesen.

Ich werde nun versuchen, in kurzer Übersicht die Reihe der Entdeckungen vorzuführen, welche Hencke mit seiner Asträa eröffnete, und welche im Laufe von 13 Jahren, bis zum Schlusse des Jahres 1858, die Zahl der Planetoiden schon auf 55 vermehrten.

Es war zunächst wieder Hencke in Driesen, welcher am 1. Juli 1847 seinen zweiten Planeten, die Hebe, auffand. Darauf folgte am 13. August desselben Jahres die Entdeckung der Iris und am 18. Oktober die der Flora durch Hind. Das Jahr 1848 brachte nur einen neuen Planetoiden, die Metis, welche Graham, Astronom an der Sternwarte zu Markree-Castle in Irland, am 25. April entdeckte. Das Jahr 1849 ist gleichfalls nur durch eine Entdeckung bezeichnet, durch die der Hygiea, welche de Gasparis in Neapel am 12. April auffand. Zahlreicher wurden die Entdeckungen in den folgenden Jahren. Im Jahre 1850 wurde die Parthenope am 11. Mai von de Gasparis, die Viktoria am 13. September von Hind, die Egeria am 2. November abermals von de Gasparis entdeckt. Darauf fand im Jahre 1851 Hind am 19. Mai die Irene, de Gasparis am 29. Juli die Eunomia. Das Jahr 1852 gehört zu den glücklichsten auf diesem Felde der Entdeckungen, indem es unsrer Kenntnis der Planeten acht neue zuführte. Jetzt begann man zuerst, jene alte, nun bedeutungslos gewordene Sitte besonderer Zeichen für die Planeten aufzugeben und statt deren auf den Vorschlag des amerikanischen Astronomen Gould die in einen Kreis eingeschlossenen Nummern der chronologischen Reihe der Entdeckungen einzuführen. Die Reihe der Planeten des Jahres 1852 eröffnete die Psyche, am 17. März von de Gasparis entdeckt; darauf folgt die Thetis, am 17. April von Luther, Direktor der Sternwarte zu Bilk bei Düsseldorf, aufgefunden; dann die Melpomene, am 24. Juni, und die Fortuna, am 22. August von Hind entdeckt; darauf die Massalia am 19. September von de Gasparis, die Lutetia am 15. November von Hermann Goldschmidt, die Kalliope am 16. November, und die Thalia am 15. Dezember, beide von Hind entdeckt. Das Jahr 1853 brachte wieder vier neue Planetoiden: am 5. April die Themis, von de Gasparis, am 7. April die Phocäa, von Chacornac, am 5. Mai die Proserpina, von Luther, und am 8. November die Euterpe, von Hind entdeckt. Das Jahr 1854 vermehrte die Zahl der Planetoiden um sechs. Am 1. März wurde die Bellona von Luther und noch in derselben Nacht kaum einige Stunden später die Amphitrite von Marth in London entdeckt, welcher zwei andern Entdeckern, Pogson in Oxford und Chacornac in Paris, dadurch um eine oder zwei Nächte zuvorkam. Darauf folgte die Urania, am 22. Juli von Hind, die Euphrosyne, am 2. September vom amerikanischen Astronomen Ferguson in Washington, die Pomona am 26. Oktober von Goldschmidt, und die Polyhymnia, am 28. Oktober von Chacornac entdeckt. Im Jahre 1855 wurden am 6. April die Circe von Chacornac, am 19. April die Leukothea von Luther und am 5. Oktober wiederum im Zeitraum einer nächtlichen Stunde zwei Planeten, die Atalante von

Goldschmidt und die Fides von Luther aufgefunden. Fünf neue Entdeckungen brachte das Jahr 1856: Am 12. Januar die der Leda und am 8. Februar die der Lätitia durch Chacornac, am 31. März die der Harmonia und am 22. Mai die der Daphne durch Goldschmidt, am 23. Mai die der Isis durch Pogson in Oxford. Das Jahr 1857 hat unsre Kenntnis von der Planetenwelt durch die Entdeckung von acht neuen Planeten bereichert. Pogson entdeckte am 15. April die Ariadne, Goldschmidt am 27. Mai die Nysa und am 27. Juni die Eugenia, Pogson abermals am 16. August die Hestia, Luther am 15. September die Aglaja.



Teil des Sternbildes der Zwillinge, gesehen mit dem Teleskop.

Am 19. September ereignete sich sogar die bis dahin unerhörte Thatsache, daß ein und derselbe Beobachter, Herrmann Goldschmidt, im Laufe einer einzigen Nacht zwei Planeten entdeckte, welche die Namen Doris und Pales erhielten. Am 19. Oktober entdeckte Luther den 50. der Planetoiden, der aber bereits am 4. Oktober von Ferguson in Washington aufgefunden war und von diesem nach dem Rechte des Entdeckers Virginia getauft wurde. Auch das Jahr 1858 hat nochmals fünf Entdeckungen gebracht. Am 24. Januar fand Laurent in Nismes die Nemausa, am 4. Februar Goldschmidt die Europa, am 4. April Luther die

Kalypso; am 10. September endlich entdeckte Goldschmidt die Alexandra und an demselben Tage Georg Searly in Albani die Pandora. Im Jahre 1859 wurden nur zwei Planeten entdeckt, Melete am 9. September von Goldschmidt und Mnemosyne am 22. September von Luther. Dagegen brachte das Jahr 1860 schon wieder fünf Asteroiden: Luther fand am 24. März die Concordia, Goldschmidt am 9. September die Danae, Chacornac am 12. September Elpis, Förster und Lesser am 14. September Erato, Ferguson am 15. September Echo. Noch zahlreicher wurden die Entdeckungen im Jahre 1861 und in der Folgezeit, wie nachstehende Tabelle zeigt.

Übersicht der entdeckten Planetoiden.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
1.	Ceres	1801	Januar	1.	Piazzi	Palermo.
2.	Pallas	1802	März	28.	Olbers	Bremen.
3.	Juno	1804	September	1.	Harding	Lilienthal.
4.	Vesta	1807	März	29.	Olbers	Bremen.
5.	Asträa	1845	Dezember	8.	Hencke	Driesen.
6.	Hebe	1847	Juli	1.	"	"
7.	Iris	"	August	13.	Hind	London.
8.	Flora	"	Oktober	48.	"	"
9.	Metis	1848	April	26.	Graham	Markree.
10.	Hygiea	1849	"	12.	de Gasparis	Neapel.
11.	Parthenope	1850	Mai	11.	"	"
12.	Viktoria	"	September	13.	Hind	London.
13.	Egeria	"	November	2.	de Gasparis	Neapel.
14.	Irene	1851	Mai	19.	Hind	London.
15.	Eunomia	"	Juli	29.	de Gasparis	Neapel.
16.	Psyche	1852	März	17.	"	"
17.	Thetis	"	April	17.	Luther	Bilk.
18.	Melpomene	"	Juni	24.	Hind	London.
19.	Fortuna	"	August	22.	"	"
20.	Massalia	"	September	19.	de Gasparis	Neapel.
21.	Lutetia	"	November	15.	Goldschmidt	Paris.
22.	Kalliope	"	"	16.	Hind	London.
23.	Thalia	"	Dezember	15.	"	"
24.	Themis	1853	April	5.	de Gasparis	Neapel.
25.	Phocäa	"	"	7.	Chacornac	Marseille.
26.	Proserpina	"	Mai	5.	Luther	Bilk.
27.	Euterpe	"	November	8.	Hind	London.
28.	Bellona	1854	März	1.	Luther	Bilk.
29.	Amphitrite	"	"	1.	Marth	London.
30.	Urania	"	Juli	22.	Hind	"
31.	Euphrosyne	"	September	2.	Ferguson	Washington.
32.	Pomona	"	Oktober	26.	Goldschmidt	Paris.
33.	Polyhymnia	"	"	28.	Chacornac	"
34.	Circe	1855	April	6.	"	"
35.	Leukothea	"	"	19.	Luther	Bilk.
36.	Atalanta	"	Oktober	5.	Goldschmidt	Paris.
37.	Fides	"	"	5.	Luther	Bilk.
38.	Leda	1856	Januar	12.	Chacornac	Paris.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
39.	Lätitia	1856	Februar	8.	Chacornac	Paris.
40.	Harmonia	"	März	31.	Goldschmidt	"
41.	Daphne	"	Mai	22.	"	"
42.	Isis	"	"	23.	Pogson	Oxford.
43.	Ariadne	1857	April	15.	"	"
44.	Nysa	"	Mai	27.	Goldschmidt	Paris.
45.	Eugenia	"	Juni	26.	"	"
46.	Hestia	1857	August	16.	Pogson	Oxford.
47.	Aglaja	"	September	15.	Luther	Bilk.
48.	Doris	"	"	19.	Goldschmidt	Paris.
49.	Pales	"	"	19.	"	"
50.	Virginia	"	Oktober	4.	Ferguson	Washington.
51.	Nemausa	1858	Januar	22.	Laurent	Nismes.
52.	Europa	"	Februar	4.	Goldschmidt	Paris.
53.	Kalypso	"	April	4.	Luther	Bilk.
54.	Alexandra	"	September	10.	Goldschmidt	Paris.
55.	Pandora	"	"	10.	Searle	Albani.
56.	Melete	1857	"	9.	Goldschmidt	Paris.
57.	Mnemosyne	1859	"	22.	Luther	Bilk.
58.	Concordia	1860	März	24.	"	"
59.	Elpis	"	September	12.	Chacornac	Paris.
60.	Danae	"	"	9.	Goldschmidt	"
61.	Echo	"	"	15.	Ferguson	Washington.
62.	Erato	"	"	14.	Förster und Lesser	Berlin.
63.	Ausonia	1861	Februar	11.	de Gasparis	Neapel.
64.	Angelica	"	März	5.	Tempel	Marseille.
65.	Cybele	"	"	9.	"	"
66.	Maja	"	April	10.	Tuttle	Cambridge.
67.	Asia	"	"	17.	Pogson	Madras.
68.	Leto	"	"	29.	Luther	Bilk.
69.	Hesperia	"	"	29.	Schiaparelli	Mailand.
70.	Panopäa	"	Mai	5.	Goldschmidt	Paris.
71.	Niobe	"	August	13.	Luther	Bilk.
72.	Feronia	1861	Mai	29.	Safford	Clinton.
73.	Klytia	1862	April	7.	Tuttle	Cambridge.
74.	Galatea	"	August	29.	Tempel	Marseille.
75.	Eurydice	"	September	22.	Peters	Clinton.
76.	Freya	"	Oktober	21.	d'Arrest	Kopenhagen.
77.	Frigga	"	November	12.	Peters	Clinton.
78.	Diana	1863	März	15.	Luther	Bilk.
79.	Eurynome	"	September	14.	Watson	Ann Arbor.
80.	Sappho	1864	Mai	2.	Pogson	Madras.
81.	Terpsichore	"	September	30.	Tempel	Marseille.
82.	Alkmene	"	November	27.	Luther	Bilk.
83.	Beatrix	1865	April	26.	de Gasparis	Neapel.
84.	Klio	"	August	25.	Luther	Bilk.
85.	Jo	"	September	19.	Peters	Clinton.
86.	Semele	1866	Januar	4.	Tietjen	Berlin.
87.	Sylvia	"	Mai	16.	Pogson	Madras.
88.	Thisbe	"	Juni	15.	Peters	Clinton.
89.	Julia	"	August	6.	Stephan	Marseille.
90.	Antiope	"	Oktober	10.	Luther	Bilk.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
91.	Aegina	1866	November	4.	Borelli	Marseille.
92.	Undina	1867	Juli	7.	Peters	Clinton.
93.	Minerva	„	August	24.	Watson	Ann Arbor.
94.	Aurora	„	September	6.	„	„
95.	Arethusa	„	November	23.	Luther	Bilk.
96.	Aegle	1868	Februar	17.	Coggia	Marseille.
97.	Klotho	„	„	17.	Tempel	„
98.	Janthe	„	April	18.	Peters	Clinton.
99.	Dike	„	Mai	28.	Borelli	Marseille.
100.	Hekate	„	Juli	11.	Watson	Ann Arbor.
101.	Helena	„	August	15.	„	„
102.	Miriam	„	„	22.	Peters	Clinton.
103.	Hera	„	September	7.	Watson	Ann Arbor.
104.	Klymene	„	„	13.	„	„
105.	Artemis	„	September	16.	„	„
106.	Dione	„	Oktober	10.	„	„
107.	Camilla	„	November	17.	Pogson	Madras.
108.	Hecuba	1869	April	2.	Luther	Bilk.
109.	Felicitas	„	Oktober	9.	Peters	Clinton.
110.	Lydia	1870	April	19.	Borelli	Marseille.
111.	Ate	„	August	14.	Peters	Clinton.
112.	Iphigenia	„	September	19.	„	„
113.	Amalthea	1871	März	12.	Luther	Bilk.
114.	Kassandra	„	Juli	23.	Peters	Clinton.
115.	Thyra	„	August	6.	Watson	Ann Arbor.
116.	Sirona	„	September	8.	Peters	Clinton.
117.	Lomia	„	„	12.	Borelly	Marseille.
118.	Peitho	1872	März	15.	Luther	Bilk.
119.	Althäa	„	April	3.	Watson	Ann Arbor.
120.	Lachesis	„	„	10.	Borelly	Marseille.
121.	Hermione	„	Mai	12.	Watson	Ann Arbor.
122.	Gerda	„	Juli	31.	Peters	Clinton.
123.	Brunhilda	„	„	31.	„	„
124.	Alceste	„	August	23.	„	„
125.	Liberatrix	„	September	11.	Prosper Henry	Paris.
126.	Velleda	„	November	5.	Paul Henry	„
127.	Johanna	„	„	5.	Prosper Henry	„
128.	Nemesis	„	„	25.	Watson	Ann Arbor.
129.	Antigone	1873	Februar	5.	Peters	Clinton.
130.	Elektra	„	„	17.	„	„
131.	Vala	„	Mai	24.	„	„
132.	Aethra	1873	Juni	13.	Watson	Ann Arbor.
133.	Cyrene	„	August	16.	„	„
134.	Sophrosyne	„	September	27.	Luther	Bilk.
135.	Hertha	1874	Februar	18.	Peters	Clinton.
136.	Austria	„	März	18.	Palisa	Pola.
137.	Meliböa	„	April	21.	„	„
138.	Tolosa	„	Mai	19.	Perrotin	Toulouse.
139.	Noch unbenannt	„	Oktober	10.	Watson	Peking.
140.	Siwa	„	„	13.	Palisa	Pola.
141.	Lumen	1875.	Januar	13.	Paul Henry	Paris.
142.	Polana	„	„	28.	Palisa	Pola.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
143.	Adria	1875	Februar	23.	Palisa	Pola.
144.	Vibilia	"	Juni	3.	Peters	Clinton.
145.	Adeona	"	"	3.	"	"
146.	Lucina	"	"	8.	Borelly	Marseille.
147.	Protogeneia	"	"	10.	Schulhof	Wien.
148.	Gallia	"	August	7.	Prosper Henry	Paris.
149.	Medusa	"	September	21.	Perrotin	Toulouse.
150.	Nowa	"	Oktober	18.	Watson	Ann Arbor.
151.	Abundantia	"	November	1.	Palisa	Pola.
152.	Atala	"	"	2.	Paul Henry	Paris.
153.	Hilda	"	"	2.	Palisa	Pola.
154.	Bertha	"	"	4.	Prosper Henry	Paris.
155.	Scylla	"	"	8.	Palisa	Pola.
156.	Xantippe	"	"	22.	"	"
157.	Dejanira	"	Dezember	1.	Borelly	Marseille.
158.	Koronis	1876	Januar	4.	Knorre	Berlin.
159.	Aemilia	"	"	26.	Paul Henry	Paris.
160.	Una	"	Februar	20.	Peters	Clinton.
161.	Athor	"	April	19.	Watson	Ann Arbor.
162.	Laurentia	"	"	22.	Prosper Henry	Paris.
163.	Erigone	"	"	26.	Perrotin	Toulouse.
164.	Eva	"	Juli	12.	Paul Henry	Paris.
165.	Loreley	"	August	10.	Peters	Clinton.
166.	Rhodope	"	"	17.	"	"
167.	Urda	"	"	29.	"	"
168.	Sybilla	"	September	28.	Watson	Ann Arbor.
169.	Zelia	"	"	29.	Prosper Henry	Paris.
170.	Maria	1877	Januar	10.	Perrotin	Toulouse.
171.	Ophelia	"	"	13.	Borelly	Marseille.
172.	Baucis	"	Februar	5.	"	"
173.	Ino	"	August	1.	"	"
174.	Phädra	"	September	2.	Watson	Ann Arbor.
175.	Andromache	"	Oktober	1.	"	"
176.	Idunna	"	"	14.	Peters	Clinton.
177.	Irma	"	November	5.	Paul Henry	Paris.
178.	Belisana	"	"	6.	Palisa	Pola.
179.	Klytämnestra	"	"	11.	Watson	Ann Arbor.
180.	Garumma	1878	Januar	29.	Perrotin	Toulouse.
181.	Eucharis	"	Februar	2.	Cottenot	Marseille.
182.	Elsa	"	"	7.	Palisa	Pola.
183.	Istria	"	"	8.	"	"
184.	Dejopeja	"	"	28.	"	"
185.	Eunike	"	März	1.	Peters	Clinton.
186.	Celuta	"	April	6.	Prosper Henry	Paris.
187.	Lamberta	"	"	11.	Coggia	Marseille.
188.	Menippe	"	Juni	18.	Peters	Clinton.
189.	Phthia	"	September	9.	"	"
190.	Ismene	"	"	22.	"	"
191.	Kolga	"	"	30.	"	"
192.	Nausikaa	1879	Februar	17.	Palisa	Pola.
193.	Ambrosia	"	"	28.	Coggia	Marseille.
194.	Prokne	"	März	21.	Peters	Clinton.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
195.	Eurykleia	1879	April	22.	Palisa	Pola.
196.	Philomela	„	Mai	14.	Peters	Clinton.
197.	Arete	„	„	21.	Palisa	Pola.
198.	Ampella	„	Juni	13.	Borelly	Marseille.
199.	Byblis	„	Juli	9.	Peters	Clinton.
200.	Dynamene	„	„	27.	„	„
201.	Penelope	„	August	7.	Palisa	Pola.
202.	Chryseis	„	September	11.	Peters	Clinton.
203.	Pompeja	„	„	25.	„	„
204.	Kallisto	„	Oktober	8.	Palisa	Pola.
205.	Martha	„	„	13.	„	„
206.	Hersilia	„	„	13.	Peters	Clinton.
207.	Hedda	„	„	17.	Palisa	Pola.
208.	Lacrimosa	„	„	21.	„	„
209.	Dido	„	„	22.	Peters	Clinton.
210.	Isabella	„	November	12.	Palisa	Pola.
211.	Isolda	„	Dezember	10.	„	„
212.	Medea	1880	Februar	6.	„	„
213.	Liläa	„	„	16.	Peters	Clinton.
214.	Aschera	„	„	29.	Palisa	Pola.
215.	Oenone	„	April	7.	Knorre	Berlin.
216.	Kleopatra	„	„	9.	Palisa	Pola.
217.	Eudora	„	August	30.	Coggia	Marseille.
218.	Bianca	„	September	4.	Palisa	Pola.
219.	Thusnelda	„	„	30.	„	„
220.	— — — — —	1881	Mai	19.	„	Wien.
221.	— — — — —	1882	Januar	18.	„	„
222.	— — — — —	„	Februar	9.	„	„
223.	— — — — —	„	März	9.	„	„
224.	— — — — —	„	„	30.	„	„
225.	— — — — —	„	April	19.	„	„
226.	— — — — —	„	Juli	19.	„	„
227.	Philosophia	„	August	12.	P. Henry	Paris.
228.	— — — — —	„	„	19.	Palisa	Wien.
229.	— — — — —	„	„	22.	„	„
230.	Athamantis	„	September	3.	de Ball	Bothkamp.
231.	— — — — —	„	„	10.	Palisa	Wien.

Schließlich gebe ich hier noch eine alphabetisch geordnete Zusammenstellung der einzelnen Planetoidenentdecker und der Nummern der von jedem einzelnen aufgefundenen kleinen Planeten. Hiernach sind die glücklichsten Entdecker: Goldschmidt, Watson, Luther, Peters und besonders Palisa.

Die Entdecker der Planetoiden.

d'Arrest: 76.
Borelly: 91. 99. 110. 117. 120. 146. 157. 171. 172. 173. 198.
Chacornac: 25. 33. 34. 38. 39. 59.
Coggia: 96. 187. 193. 217.
Cottenot: 181.
Ferguson: 31. 50. 61.
Förster (und Lesser): 62.
de Gasparis: 10. 11. 13. 15. 16. 20. 24. 63. 83.
Goldschmidt: 21. 32. 36. 40. 41. 44. 45. 48. 49. 52. 54. 56. 60. 70.

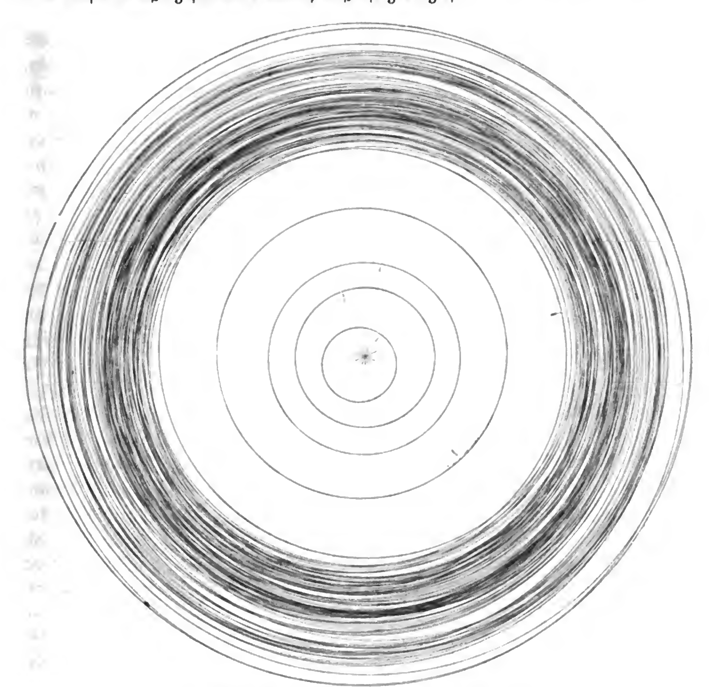
Graham: 9.
Harding: 3.
Hencke: 5. 6.
Henry, Paul: 126. 141. 152. 159. 164. 177. 227.
Henry, Prosper: 125. 127. 148. 154. 162. 169. 186.
Hind: 7. 8. 12. 14. 18. 19. 22. 23. 27. 30.
Knorre: 158. 215.
Laurent: 51.
Luther: 17. 26. 28. 35. 37. 47. 53. 57. 58. 68. 71. 78. 82. 84. 90. 95. 108. 113. 118. 134.
Marth: 29.
Olbers: 2. 4.
Palisa: 136. 137. 140. 142. 143. 151. 153. 155. 156. 178. 182. 183. 184. 192. 195. 197. 201. 204. 205. 207. 208. 210. 211. 212. 214. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 228. 229. 231.
Perrotin: 138. 149. 163. 170. 180.
Peters: 75. 77. 85. 88. 92. 98. 102. 109. 111. 112. 114. 116. 122. 123. 124. 129. 130. 131. 135. 144. 145. 160. 165. 166. 167. 176. 185. 188. 189. 190. 191. 194. 196. 199. 200. 202. 203. 206. 209. 213.
Piazzi: 1.
Pogson: 42. 43. 46. 67. 80. 87. 107.
Safford: 72.
Schiaparelli: 69.
Schulhof: 147.
Searle: 55.
Stephan: 89.
Tempel: 64. 65. 74. 81. 97.
Tietjen: 86.
Tuttle: 66. 73.
Watson: 79. 93. 94. 100. 101. 103. 104. 105. 106. 115. 119. 121. 128. 132. 133. 139. 150. 161. 168. 174. 175. 179.

Es bleibt mir noch übrig, hier auf einige Seltsamkeiten dieser Weltenschar aufmerksam zu machen. Ich habe bereits gesagt, daß Herschel ernstliche Bedenken trug, diese Weltkörper unter die übrigen Planeten einzureihen, daß er sie ihrer Natur nach zwischen Planeten und Kometen gestellt wissen wollte. In der That zeigen sie Eigentümlichkeiten, welche dieses Bedenken nicht ganz ungerechtfertigt erscheinen lassen. In vielfach verschlungenen, oft langgestreckten Bahnen umkreisen sie die Sonne in Zeiträumen, die von $3^1/_4$ Jahren bis zu fast 7 Jahren, und in mittleren Abständen, die von 44 bis 71 Millionen Meilen wechseln, also diesseits bis zum Mars einen Raum von 14 Millionen Meilen, jenseits bis zum Jupiter einen Raum von 33 Millionen Meilen leer lassend. Während alle übrigen Planetenbahnen sich der Kreisform so weit nähern, daß ihre Exzentrizität, d. h. die Abweichung ihres Brennpunktes, in welchem die Sonne steht, von ihrem Mittelpunkte, kaum $^1/_{20}$ ihres Bahnhalbmessers und nur bei der exzentrischesten aller älteren Planetenbahnen, bei der Merkursbahn, $^1/_5$ beträgt, begegnen wir hier einzelnen fast kometenartig gestreckten Bahnen, deren Exzentrizität bei der Polyhymnia fast $^1/_3$ erreicht. Während die Ebenen der übrigen Planetenbahnen kaum einige Grade gegen die Ebene unsrer Erdbahn geneigt sind, sehen wir wiederum die Neigung einzelner Planetoidenbahnen, wie der Euphrosyne und der Pallas, auf 26 und 34 Grade anwachsen, und so diese Weltkörper auf Nebenpfaden abschweifen, die wir sonst nur noch von dem Volke der Kometen eingeschlagen finden werden. Einzelne dieser Asteroiden werden zur Zeit ihrer größten nördlichen Deklination cirkumpolar, d. h. sie gehen dann in unsern Breiten nicht mehr unter, während sie in der Periode ihrer größten südlichen Deklination für uns gänzlich unter dem Horizonte bleiben.

Zu der seltsamen Anordnung der Planetoiden in verschiedenen, fast gleich weit von der Sonne entfernten Ebenen über und untereinander und zu der langgestreckten Form ihrer Bahnen kommt endlich noch die zwergartige Kleinhei

dieser Weltkörper selbst. Kein unbewaffnetes Auge vermag sie zu erspähen, und nur die Vesta ist in ihrer größten Nähe bisweilen als Stern sechster Größe sichtbar. Fast alle zeigen sogar mit den stärksten Fernröhren gesehen keinen wahrnehmbaren Durchmesser. Man wird fragen, wie es dann möglich sei, überhaupt eine Andeutung von ihrer wahren Größe zu erlangen. Aber der Astronom weiß sich zu helfen, auch wo ihn seine direkten Meßinstrumente verlassen. Hier war es die Helligkeit dieser Weltkörper, welche ihm Hilfe gewährte. Es ist uns bekannt, daß zwischen der Helligkeit eines beleuchteten Körpers und der Entfernung seiner Lichtquelle ein solches Verhältnis besteht, daß er in der doppelten, dreifachen, vierfachen Entfernung nur $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ des ursprünglichen Lichtes empfängt, und daß er darum auch dem Auge in der doppelten, dreifachen, vierfachen Entfernung nur mit $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ seiner früheren Helligkeit erscheint. Man begreift nun, daß es dem Astronomen auch leicht sein muß, die Helligkeit zu berechnen, mit welcher ein Planet von bekannter Größe, wie der Mars oder die Venus, einem Beobachter auf der Erde erscheinen müßte, wenn dieser Planet an den Ort eines der Planetoiden versetzt werden könnte. Da nun die Helligkeit dieses letzteren durch unmittelbare Beobachtung gefunden werden kann, so kennt man auch das Verhältnis der Helligkeit beider Körper bei gleicher Entfernung von Sonne und Erde. Es bedarf also nur noch der keineswegs ganz unstatthaften Voraussetzung, daß auch die Reflexionskraft ihrer Oberfläche nahezu dieselbe ist, um das Verhältnis der Helligkeiten sofort in ein Verhältnis der erhellten Flächen, welche sie dem Auge zeigen, umzuwandeln und daraus endlich unmittelbar auf das Verhältnis der wahren Durchmesser zu schließen. Wenngleich dieses Verfahren allerdings nur annähernde Werte für die Dimensionen dieser Weltkörper liefert, so dürften sie der Wahrheit immer noch näher kommen, als die meisten Resultate der ohnehin nur sehr vereinzelten direkten Messungen, unter denen vielleicht allein die Mädlersche Messung der Vesta, für welche sich ein Durchmesser von 66 geogr. Meilen ergibt, einiges Vertrauen verdient. Unsre bisherige Vorstellungen von dem Wesen planetarischer Körper werden durch diese Größenschätzungen gewaltig erschüttert. Es wird uns zugemutet Weltkörper, deren Durchmesser meist nur zwischen 15—25 Meilen mißt, bei einzelnen sogar nur 8—9 Meilen, bei dem größten, wie der Vesta, nicht 60 Meilen übersteigt, Weltkörper deren ganze Oberfläche von manchem kleinen Königreiche Europas an Ausdehnung übertroffen wird, mit unsrer ganzen massenhaften Erde in eine Reihe zu stellen. Aber diese Kleinheit der Körpermassen, so außerordentlich sie auch erscheinen mag, darf uns doch so wenig als die ungewöhnlichen Form- und Neigungsverhältnisse ihrer Bahnen veranlassen, diese Findlinge der jüngsten astronomischen Wissenschaft aus der Gesellschaft der älteren Planeten auszuweisen. Seit jene kometenartige Nebelhülle, mit der man sonst die meisten dieser Weltkörper umgeben glaubte, sich lediglich als die Wirkung einer optischen Täuschung herausstellte, beginnt der letzte Grund zu schwinden, aus dem man sie den Kometen, wenn auch nur als Stiefgeschwister, zugesellen mochte. So dürfte auch der Name „Planetoiden" ihre eigentliche Natur am besten bezeichnen. Hält man an den photometrischen

Bestimmungen der Asteroidendurchmesser fest — und sie können von der Wirklichkeit nicht viel abweichen — so findet man, daß die größern Asteroiden, genau von 25 Meilen Durchmesser und darüber, sämtlich vor dem Jahre 1859 entdeckt worden sind, und daß deshalb die Wahrscheinlichkeit, es werde zukünftig noch ein Asteroid von dieser Größe gefunden werden, äußerst gering ist.



Übersicht der Umlaufsbahnen der Planetoiden.

Auch die Anzahl der Planetoiden, deren Durchmesser weniger als 5 Meilen beträgt, ist, wie Hornstein hervorgehoben hat, auffallend gering, wenigstens in denjenigen Teilen der Asteroidenzone, welche mehr gegen den Mars hin liegen. Die meisten dieser kleinen Planeten haben Durchmesser von 5 bis 15 Meilen, und bei Anwendung der gleichen optischen Hilfsmittel wie bisher, ist von der Zukunft wahrscheinlich noch ein nicht unbeträchtlicher Zuwachs solcher Planetoiden zu erwarten. Hornstein, der die einschlägigen Verhältnisse genau untersucht hat, glaubte jedoch nicht, daß die Gesamtzahl der Asteroiden jemals auf ein beträchtliches Vielfaches der gegenwärtigen Zahl anwachsen werde.

Einem Schwarme zahlreicher kleiner Weltkörper zu begegnen, wo man einen einzigen großen Planeten zu erwarten sich berechtigt glaubt, hat etwas Überraschendes. Dennoch beweist es nichts weiter, als daß die ursprüngliche Bildung der Planetoidengruppe unter Umständen eingetreten ist, welche bei der Bildung der übrigen Einzelplaneten und planetarischen Gruppen im Sonnensysteme nicht in gleicher Weise zusammengewirkt haben. Ein solches Ereignis mußte natürlich mit dem ersten Beginn dieser Entdeckungen die stets an den Pforten der Wissenschaft lauernde Phantasie in Thätigkeit setzen. Wir wollen daher die Strecke, die uns noch von dem nächsten Ziele unsrer Wanderung trennt, mit diesen kosmologischen Träumen ausfüllen.

Schon Olbers stellte zu Anfang dieses Jahrhunderts die Vermutung auf, daß diese kleinen Planeten nur die Trümmer eines großen Weltkörpers seien, der durch eine gewaltsame Katastrophe in zahlreiche Stücke zersprengt wurde. Die nahe Übereinstimmung, die sich in den Bahnen der zuerst entdeckten Planeten zeigte, die geringe Abweichung in der Lage ihrer Knotenlinien schien diese Vermutung zu bestätigen. Ein eigentlicher Planet verfolgt bekanntlich, abgesehen von den als Störungen bezeichneten kleinen Abweichungen, beständig denselben Weg, durchläuft bei jedem Umlaufe dieselbe Reihe von Punkten. Im Augenblicke nun, wo nach der Olbersschen Hypothese der große Planet zerbrach, wurde jedes seiner Bruchstücke in vollster Bedeutung des Wortes ein wirklicher Planet und begann die Kurve zu beschreiben, in welcher er seine Bewegung für alle Zeiten auszuführen hatte. Einige Unterschiede in Stärke und Richtung der Kräfte, welche die Trümmer fortschleuderten, konnten merkliche Verschiedenheiten in Gestalt und Lage dieser Bahnen herbeiführen; aber alle diese Bahnen mußten einen Punkt gemeinsam behalten, nämlich denjenigen, von dem die einzelnen Trümmer ausgegangen waren, um gesondert ihre Bahn zurückzulegen. Die neueren Untersuchungen über die Bahnnähen der Planetoiden zeigen nun freilich keine Spur eines solchen gemeinschaftlichen Kreuzungspunktes aller Bahnen. Dagegen ließe sich zwar einwenden, daß jene Forderung doch nur für die nächste Folgezeit nach der Katastrophe gelte, da im Laufe der Jahrtausende sich die Bahnen durch die störenden Einflüsse andrer Planeten, besonders des benachbarten Jupiter, ändern und so auch die Knotenpunkte immer weiter auseinanderrücken müßten. Aber auch dann müßte es möglich sein, aus der gegenwärtigen Lage der Planetoidenbahnen auf eine solche Anordnung derselben in der Vorzeit zurückzuschließen, in welcher eine Hinneigung gegen eine gewisse Region thatsächlich zuträfe. Zu einer solchen Untersuchung fehlen freilich für jetzt noch die Mittel, und damit ist auch von dieser Seite her wenigstens noch keine Bestätigung der Olbersschen Hypothese zu erlangen.

Aber es knüpft sich noch eine zweite Forderung an jene Hypothese. Die sämtlichen Planetoiden müssen wenigstens einmal während ihres Umlaufes in dieselbe Entfernung von der Sonne kommen. Es darf also der größte Abstand keines der Planetoiden kleiner sein, als der kleinste Abstand eines andern, der kleinste niemals größer als der größte eines andern. Als die Zahl der Entdeckungen noch beschränkt war, schien sich diese Bedingung wirklich erfüllen zu

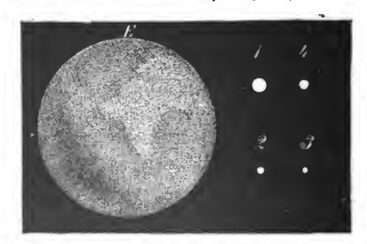
sollen. Aber diese Illusion ist jetzt völlig zerstört. Harmonia, Viktoria, Flora, Ariadne, Nemausa erreichen niemals jene Grenzen, in welchen Ceres, Kalliope, Doris, Europa, Hygiea und Themis ihre größte Annäherung zur Sonne haben. Harmonia geht sogar niemals über einen Abstand von 49 Millionen Meilen hinaus, während Doris sich niemals auf weniger als 59 Millionen Meilen der Sonne nähert. Wir sehen, daß man dadurch schon genötigt würde, mehrere gesonderte Gruppen von Planetoiden anzunehmen, wenn man nur für einen Teil derselben die Olberssche Hypothese festhalten wollte.

Wenn gleich anfangs der Olbersschen Hypothese aus den großen Neigungen der Planetoidenbahnen gegen die Ekliptik erhebliche Schwierigkeiten erwuchsen, so haben diese im Laufe der fortschreitenden Entdeckungen allmählich den Charakter des Unerklärlichen und Unmöglichen angenommen. Immer dringender sieht man sich aufgefordert, die Hypothese zu verlassen. Nur wenige Astronomen dürften heutzutage noch geneigt sein, die Entstehung dieser kleinen Planeten durch eine Änderung des Urzustandes des Sonnensystems, durch eine gewaltsame Katastrophe zu erklären. Immer mehr neigt man sich der Ansicht zu, daß diese Körper ganz ebenso regelmäßig und nach denselben Gesetzen sich ausgebildet haben, wie die übrigen größeren Planeten des Systems. Man erwartet daher infolge dieser Annahme aus der fleißigen Durchsuchung des Himmels die allmähliche Auffindung einer weitern Anzahl solcher Himmelskörper und verschiebt mit Recht die Aufstellung einer Hypothese ihrer Entstehung auf jenen Zeitpunkt, wo die Übersicht eine annähernd vollkommene sein wird. Inzwischen haben doch die statistischen Zusammenstellungen gezeigt, daß sich in den halben großen Achsen ihrer Bahnen, also auch in den Umlaufszeiten der Asteroiden gewisse Gruppen finden, die offenbar einer Einwirkung des mächtigen Planeten Jupiter zuzuschreiben sind. Überall da, wo die Umlaufszeit zu der des Jupiter in einem einfachen rationalen Verhältnisse stehen würden, sich also beide wie die kleinen ganzen Zahlen 1 : 2, 1 : 3, 2 : 5 u. s. w. verhalten, finden sich ziemlich asteroidfreie Lücken, während die zahlreichsten Planetoiden in drei Gruppen auftreten, welche in den Entfernungen 2,35—2,45, 2,55—2,80 und 3,05—3,20 von der Sonne sich befinden, wobei die mittlere Entfernung der Erde = 1 gesetzt ist. Die größte durchschnittliche Häufigkeit der Asteroiden fällt nahezu auf die Entfernung 2,7, also dahin, wo nach dem Titius-Bodeschen Zahlenspiele ein Planet stehen sollte.

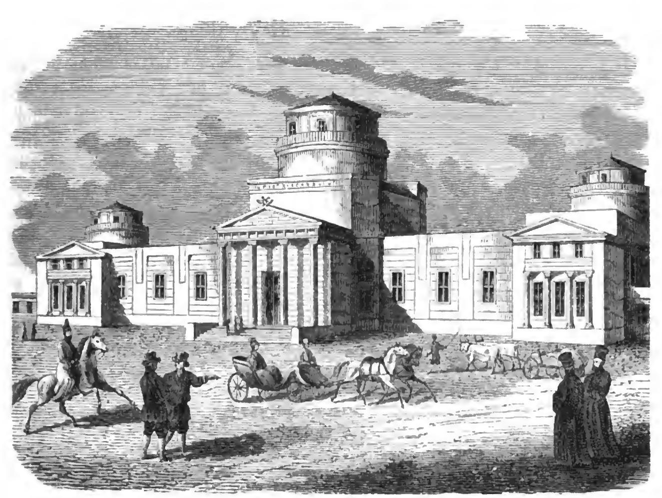
Die Entdeckungen der letzten Jahre beginnen bereits ein dämmerndes Licht auf die Theorie zu werfen. Mindestens haben sie die lange gehegte Besorgnis nicht zerstreut, als könne durch die Verschlingung so vieler Planetenbahnen in diesem engen Raume einmal eine gefährliche Annäherung, wohl gar ein Zusammenstoß zweier Welten erfolgen, durch den mindestens die Ruhe jener Systeme in Frage gestellt würde. Die Astronomen sprechen von einer Stabilität des Sonnensystems. Für die älteren Planeten beruht diese Stabilität auf dem von einem der größten Mathematiker Frankreichs, L a g r a n g e, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bewiesenen Satze, daß die mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne, die Exzentrizitäten und gegenseitigen Neigungen ihrer

Bahnen für alle Folgezeit unverändert bleiben und nur sehr kleine periodische Änderungen erfahren. Für die kleinen Planeten hat nun Leverrier vor einigen Jahren den Versuch gemacht, eine ähnliche Stabilität herzuleiten. Auch hier hat er gefunden, daß die Formen und Neigungen der Planetoidenbahnen durch Störungen von seiten der übrigen Planeten im wesentlichen keine Veränderung erfahren können, daß sie also im innigsten Zusammenhange mit der ersten Ursache ihrer Bildung stehen müssen. Allerdings gilt diese Stabilität nur innerhalb gewisser Grenzen. Die eine dieser Grenzen wird durch einen mittleren Abstand von der Sonne bezeichnet, welcher ungefähr dem doppelten Abstande unsrer Erde von der Sonne entspricht, die andre durch einen Abstand, welcher $3^1/_5$ mal die Entfernung der Erde übertrifft. Übrigens gilt diese Rechnung nur unter gewissen einschränkenden Bedingungen, und ich glaube ganz im Gegenteil, daß unter den Asteroiden Zusammenstöße schon vorgekommen sind und im Laufe der Zeiten wiederum vorkommen werden. Vielleicht war ursprünglich die Zahl dieser Weltenbruchstücke geringer und sie hat sich erst durch wiederholte Zusammenstöße und Zertrümmerungen vermehrt. Wir haben gar kein Recht, von einer Ewigkeit des Bestehens unsrer planetarischen Welt zu sprechen. Denn wie es eine Zeit gab, in welcher unser heutiges Planetensystem mit all seinen einzelnen Weltkugeln nicht vorhanden war, so wird auch dereinst eine Zeit kommen, in welcher es verschwunden sein wird, in welcher die Stoffe, die heute den verschiedenen Weltkörpern zugeteilt sind und diese zusammensetzen, neue und verschiedenartige Bildungen eingehen. Die Idee einer Ewigkeit des Bestandes der Welteinrichtungen ist eine durchaus falsche, und man kann nicht energisch genug allen auf sie gebauten Schlüssen entgegentreten.

So haben wir denn eine der interessantesten Episoden aus der Geschichte der astronomischen Forschung kennen gelernt und einige Blicke in eine neue seltsame Welt gethan. Jene einst wüsten Räume, welche nur die Geschichte so reich ausgefüllt hat, liegen jetzt hinter uns; wir sind bereits eingetreten in den Bereich eines gewaltigen Herrschers, dessen Macht wir längst, freilich ohne unser Wissen, selbst in den Fernen unsrer Erdbahn erfuhren. Größere Kontraste, als sie das kaum verlassene und das eben betretene Gebiet des Weltraumes darbieten, sind kaum denkbar. Dort ein Schwarm wunderbar kleiner Welten, deren mehr als eine halbe Million erforderlich wären, um die Masse unsres Erdballes herzustellen; hier eine Riesenwelt, die 1300 Erden in sich aufzunehmen vermöchte!



Die Erde im Größenverhältnis zu den ersten vier Planetoiden.



Sternwarte zu Pulkowa.

Sechstes Kapitel.

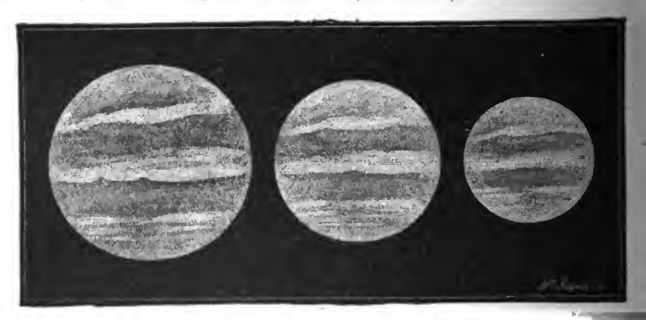
Die sonnenfernen Planeten.

Mich zieht es weg, ich darf nicht länger säumen
Und sage mit Besonnenheit:
Das alles kann ein jeder träumen,
Euch ganz allein ist's Wirklichkeit.

Die Erde und ihre Nachbarplaneten sind längst in der Nacht des Himmelsraumes versunken; kaum daß die größten unter ihnen noch gleich kleinen Fixsternen schimmern; der Mars ist dem unbewaffneten Auge völlig entrückt. Die Sonne selbst ist zu einer Scheibe geschwunden, die an Größe kaum noch dem 27. Teil der uns von der Erde her bekannten Sonnenscheibe gleichkommt. Ihr mildes Licht ergießt sich über die ungeheure Welt des Jupiter, die sich vor uns aufthut. In solcher Ferne des Weltraumes hat sich dieser Riesenplanet seine Herrschaft gegründet. Vier Monde begleiten ihn auf seiner weiten Reise um die Sonne, die fast 12 unsrer Erdenjahre, genau 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 1 Minute $8^1/_2$ Sekunden währt.

Wir haben uns oft an dem wunderbar ruhigen Glanze dieses schönen Gestirns ergötzt, wenn wir es am nächtlichen Himmel erblickten. Es erscheint dann zur Zeit seines höchsten Glanzes unter einem Durchmesser von 46 Sek., der sich in weiterer Ferne bis auf 30 Sek. verkürzte. Bei seinem überaus großen Abstande können wir demnach schon auf die wirkliche Größe des Jupiter schließen. In der That übertrifft er den Erdball beinahe 1300 mal an Volumen. Eine solche Riesengröße läßt auch eine gewaltige Masse dieses Weltkörpers erwarten, die ihre störenden Wirkungen weithin über die fernen kleinen Welten erstrecken muß.

Aber diese Wirkungen eben, die sich so merklich im Laufe mancher Planeten ausprägen, sind auch das Mittel geworden, seine Masse zu berechnen. An seinen Monden, an den Planeten und Kometen, die in den Bereich seiner Anziehungskraft eintreten, hat man ihn gewogen. Allerdings entspricht diese Masse nicht ganz seiner gewaltigen Größe: sie übertrifft zwar immerhin noch die der Erde um das 343fache, aber sie müßte sie, nach ihrem körperlichen Inhalte zu schließen, fast 1300 mal übertreffen. Diese verhältnismäßig geringere Masse zwingt uns also eine geringere durchschnittliche Dichtigkeit des Jupiterkörpers anzunehmen, so daß diese nur etwa $^1/_4$ der Dichtigkeit unsrer Erde beträgt, kaum $1^1/_3$ mal die des Wassers übertrifft. Wir erkennen daraus, von welcher Bedeutung dies für unsre Erde wie für die Ordnung unsres Planetensystems überhaupt ist.



Scheinbare Größe der Jupiterscheibe in kleinster, mittlerer und größter Entfernung von der Erde.

Allerdings bliebe die Anziehungskraft des Jupiter immer noch mächtig genug, um dieser Ordnung gefährlich zu werden, wenn nicht die Lage seiner Bahn seine Störungen wesentlich beschränkte. Die Jupiterbahn besitzt nur die Neigung von 1° 19' gegen die Ekliptik; er bewegt sich also nahezu in gleicher Ebene mit unsrer Erde, wie mit den meisten Planeten, und vermag darum wohl ihren Lauf zu beschleunigen und zu verzögern, jedoch nicht die Ebenen ihrer Bahnen zu erschüttern.

Noch fanden wir auf allen den Welten, denen wir bis jetzt begegneten und die uns einen Blick in ihre Naturverhältnisse gestatteten, irdische Erinnerungen geweckt. Wir fanden einen ähnlichen Wechsel von Tag und Nacht, einen ähnlichen Verlauf der Jahreszeiten, ähnliche Atmosphären und wenigstens Spuren ähnlicher Oberflächengestaltung. Hier beginnt alles fremdartiger zu werden. Das zeigt sich schon in den allgemeinsten kosmischen Bedingungen des physischen Lebens auf diesem Weltkörper, in seiner Rotation und Achsenstellung. Wir wissen bereits, wie die Rotation eines Planeten beobachtet und gemessen und wie die Bewegung gewisser mehr oder minder beständigen Flecke auf seiner Scheibe dazu benutzt wird. Die Jupiterscheibe hat bei der außerordentlichen Ausdehnung, die sie im Fernrohre zeigt, schon sehr früh eine solche Gelegenheit geboten. Schon im Jahre 1665, also nur einige 50 Jahre nach der Erfindung des Fernrohrs, beobachtete Cassini

in Italien einen dunklen Fleck auf der Jupiterſcheibe, durch welchen er die Rotation des Planeten beſtimmen konnte. Er fand für die Dauer derſelben 9 St. 56'. Neuere Aſtronomen haben ein etwas abweichendes Reſultat erhalten. Airy beſtimmte ſie zu 9 St. 55' 21", Mädler zu 9 St. 55' 26". Das iſt eine Schnelligkeit der Bewegung, eine Kürze der Tage, wie ſie bisher ohne Beiſpiel daſteht unter den Welten, zu denen unſre Wanderung uns führte.

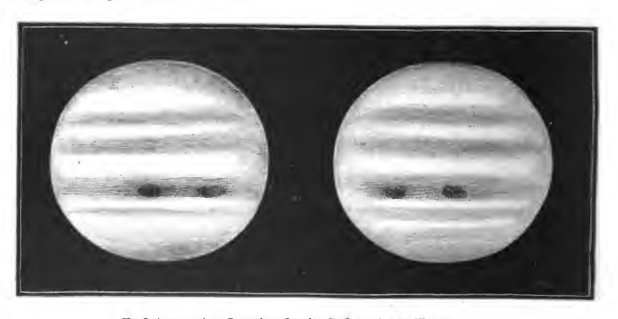


Anſicht des Planeten Jupiter mit ſeinen Streifen und Banden, nebſt einem darüber hinziehenden Trabantenſchatten.

Schon im Fernrohre kann man in kurzer Zeit die Rotation des Jupiter bemerken, indem die Flecke auf ſeiner Scheibe raſch ihren Ort verändern. Wir ſehen hier S. 292 zwei Zeichnungen des Jupiter und ſeiner Flecke, welche am 23. Dezember 1834 in einem Zeitintervall von $37^1/_4$ Minuten von Mädler in Berlin entworfen worden ſind. Wir erkennen ſofort, daß die beiden dunklen Flecke ihren Ort gegen die Ränder der Scheibe während jener Zwiſchenzeit ſehr augenfällig verändert haben.

In Wirklichkeit durchläuft ein Punkt im Äquator des Jupiter in jeder Sekunde ungefähr 12 km, etwa 26mal mehr als ein Punkt im Äquator der Erde. Kaum 5 Stunden verfließen dort zwischen jedem Auf- und Untergang der Sonne, in kaum 5 Stunden durchwandelt das ganze Heer der Sterne den nächtlichen Himmel. Welch einen Anblick muß dieser von Minute zu Minute seine Physiognomie verändernde Sternhimmel gewähren! Und 10470mal muß dieser Wechsel von Tag und Nacht eintreten, ehe ein einziges dieser langen Jupiterjahre seinen Lauf beschließt! Diese zahllosen Tage bringen nicht einmal einen merklichen Wechsel. Die geringe Neigung seines Äquators gegen die Ebene seiner Bahn, die nur 3° 6' beträgt, bedingt eine fast völlige Gleichheit der Tageslängen und verwischt die Unterschiede von Klimaten und Jahreszeiten.

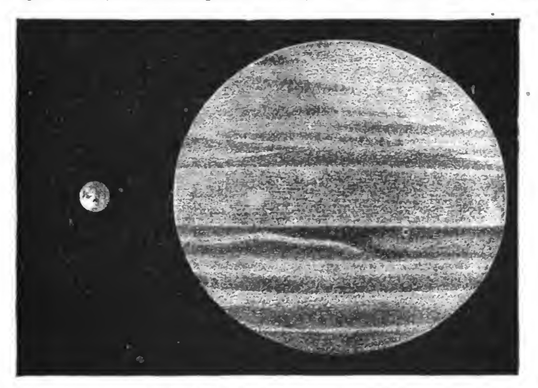
Unter 60° nördlicher oder südlicher Breite auf der Oberfläche des Jupiter beträgt der Unterschied zwischen dem längsten und kürzesten Tage noch nicht 36 Minuten, und in 3 Grad Entfernung von einem seiner Pole ist die Dauer des längsten Tages erst 21 Stunden.



Veränderung der Lage der Jupiterflecke nach 37 Minuten.

Ich habe soeben mitgeteilt, daß verschiedene Astronomen die Umdrehungsdauer des Jupiter bestimmten. Die Resultate dieser Untersuchungen stimmen nahe überein, aber sie zeigen doch Unterschiede, welche größer sind als die möglichen Beobachtungsfehler. Daraus folgt, daß die dunklen Flecke, durch welche man die Rotationsdauer bestimmte, keine festen Punkte, sondern vielmehr atmosphärische Produkte des Jupiter sind, die ihre Lage selbst verändern. Schon im vorigen Jahrhundert hat man die Ansicht aufgestellt, daß diese Bewegung der Jupiterflecke von Winden herrühre, die in den Äquatorgegenden des Jupiter ähnlich wie unsre Passatwinde wehen. Aber dieser Ansicht, die auch von Herschel geteilt ward, steht die Richtung der Bewegung entgegen. Während unsre Passatwinde aus einem Zurückbleiben der Atmosphäre hinter der Rotationsbewegung hervorgehen, müßte auf dem Jupiter die Strömung der Luftschichten und Wolken der Rotation voraneilen. Auch die Geschwindigkeit dieser Bewegungen ist außerordentlich groß. Julius Schmidt fand im Jahre 1865 zwei dunkle

Flecke auf der südlichen Hälfte des Jupiter, welche sich in jeder Sekunde mit einer Schnelligkeit von 90 bis 100 m von West nach Ost bewegten. Ein gleichzeitig sichtbarer heller Fleck auf der nördlichen Halbkugel des Jupiter besaß eine eigne Geschwindigkeit von ca. 77 m in der Sekunde. Das übertrifft weitaus die Schnelligkeit unsrer wütendsten Stürme. Es bleibt also jedenfalls noch etwas Unerklärliches in dieser Erscheinung zurück. Gleichwohl deuten auch andre Zeichen auf das Vorhandensein äquatorialer Strömungen auf dem Jupiter. Man erblickt nämlich stets gegen die Mitte seiner Scheibe zwei ziemlich dunkle graubraune Streifen, welche fast parallel mit dem Äquator verlaufen und zwischen sich eine hellglänzende Zone einschließen. Andre nicht minder deutlich erkennbare Streifen schließen sich an diese an, die aber immer schmaler und matter werden, je näher sie den Polen liegen, um hier endlich in ein mattes, bleifarbenes Grau überzugehen. Diese Streifen zeigen sich im allgemeinen sehr beständig, und nur ihre Begrenzungen sind veränderlich.



Jupiter und die Erde in ihrem wahren Größenverhältnis.

Manchmal zeigen sich im Innern der beiden Hauptstreifen dunklere bogenförmige Partien, so daß die Streifenzone den Anblick eines Gürtels von eiförmigen Wolken darbietet. Zu gewissen Zeiten erkennt man auf der Jupitersscheibe nur einen Hauptstreifen, der dann über der sonst hellen Äquatorialgegend ruht; dies macht es wahrscheinlich, daß überhaupt auf dem Jupiter nur ein breiter, dunkler Gürtel vorhanden ist, innerhalb dessen sich, nahe dem Äquator, meist helle Wolken bilden, wodurch dann für den Anblick von der Erde aus eine Trennung in zwei dunkle Streifen vorhanden zu sein scheint. In den Jahren 1870 und 1871 war der zentrale dunkle Streifen sehr deutlich zu sehen. Lohse, der damals auf der Sternwarte zu Bothkamp den Jupiter sehr aufmerksam beobachtete, fand in den meisten Fällen diesen Streifen mit einer Reihe von in einer Linie liegenden weißen Flecken bedeckt, die sich an seiner südlichen Grenze hinzogen. Diese Gebilde, deren wolkenartiger Charakter mit dem Bothkamper Fernrohre deutlich erkannt wurde, waren

in Form und Größe sehr verschieden. Die Längenausdehnung der größeren dieser Wolken schwankte nach Lohse zwischen 2500 und 3000 geographischen Meilen. Ihr Helligkeit, sagt der Beobachter, verändert sich in der Weise, daß sie oft nur mit Schwierigkeit zu erkennen waren, während sie zuweilen ein blendendes Licht ausstrahlten. Meistenteils erschienen die in der Mitte der Scheibe befindlichen Wolken am hellsten, jedoch kam es auch vor, daß seitlich stehende eine größere Helligkeit besaßen als die mittlern. In einem solchen Falle war man wohl zu der Annahme berechtigt, daß diese Wolken in verschiedenen Höhen schwebten und ihr Licht daher in der Atmosphäre des Planeten eine ungleiche Extinction erlitt. Außer dem beschriebenen Wolkenzuge, welcher die Südseite des Äquatorialstreifens einnahm, wurden auf dem letztern oft noch andre Wolken von geringerer Helligkeit beobachtet, deren Anzahl sehr verschieden war, jedoch zuweilen so beträchtlich wurde, daß der Streifen sich nur wenig von den hellen Teilen der Planetenscheibe abhob.



Jupiter und seine vier Trabanten bei schwacher Vergrößerung.

Die eiförmigen hellen Wolken sind, wie es scheint, von den früheren Beobachtern des Jupiter niemals wahrgenommen worden. Sie kommen zuerst in einer Zeichnung Gruithuisens vom 12. Februar 1838 sowie in einer solchen von Dawes vom 8. März 1851 vor, auch hatte schon Lassell 1850 etwas Ähnliches bemerkt. Chacornac erkannte größere Unregelmäßigkeiten ihrer Gestalt, woraus er auf ihre wolkenartige Natur schloß. Lohse hat gefunden, daß in den letzten Jahrzehnten das Auftreten gefärbter Streifen und die Bildung von hellen eiförmigen Flecken in der Äquatorialzone Jupiters zusammengefallen ist mit den Zeiten der größten Häufigkeit der Sonnenflecke. Übrigens hat Gruithuisen bezüglich der Färbung der Jupiterstreifen die interessante Bemerkung gemacht, daß dieselbe um so deutlicher erscheint, je stärker bei ein und demselben Fernrohr die Vergrößerung ist. Aus verschiedenen Versuchen fand er, daß die größere Lichtstärke der Erkenntnis der Färbung nachteilig ist. Als er einem Freunde, der die Farbe der Streifen mit einem Fraunhoferschen Fernrohre von 29''' Öffnung nicht wahrnehmen konnte, riet, eine möglichst starke Vergrößerung anzuwenden, erkannte sie dieser deutlich, als er die Vergrößerung des kleinen Fernrohres bis 200fach trieb. Schwabe hat erkannt, daß bisweilen die ganze Jupiterscheibe mit feinen Parallellinien bedeckt ist, die am augenfälligsten in den beiden Mittelstreifen auftreten. Bei recht heiterer und ruhiger Luft sah Schwabe die feinsten Parallellinien selbst in der hellen Äquatorialzone. Die Polargegenden des Jupiter sind

im allgemeinen bleigrau, und man überzeugt sich bei fortgesetzter Beobachtung leicht, daß diese Färbung von zusammenhängenden, bald dunklern, bald hellern Parallelstreifen herrührt, die sich bisweilen gegen den Äquator zurückziehen und dadurch die Pole etwas heller erscheinen lassen. Niemals aber zeigt einer der Jupiterpole Andeutungen von hellen Flecken, welche mit den Schneezonen des Mars auch nur entfernt zu vergleichen wären.

Die Streifen sind am deutlichsten auf der Mitte der Scheibe und nehmen von hier gegen die Ränder hin ab. Für gewöhnliche Fernrohre verschwinden sie meist vollständig, wenn sie 50°, höchstens 60° der Jupiterkugel von der Mitte der Scheibe abstehen. In einzelnen Fällen erstreckt sich ein Streifen etwas näher zum einen Rande als zum andern. Sehr kraftvolle Ferngläser zeigen die Streifen sehr nahe bis zu den Rändern der Scheibe, aber auch dann verschwinden sie, ehe sie diese Ränder vollständig erreichen. Die Ursache hiervon ist die dichte Atmosphäre des Jupiter.



Die rote Wolke auf dem Planet Jupiter im Jahre 1879, gesehen im umkehrenden Fernrohre (oben Süd, unten Nord).

Da wir uns erinnern, daß die durchschnittliche Dichtigkeit des gewaltigen Planeten Jupiter nur etwa $^1/_4$ von derjenigen der Erde beträgt, und wenn wir dann bedenken, daß naturgemäß die Dichtigkeit gegen das Zentrum der Weltkörper hin zunehmen muß, so müssen wir annehmen, daß an der Oberfläche des Jupiter feste Körper wohl schwerlich in großer Ausdehnung vorhanden sein können, oder aber, daß der Umfang der Jupiterscheibe, wie derselbe im Fernrohre erscheint, nicht dem Umfange des eigentlichen Kerns dieses Planeten entspricht, sondern vielmehr die äußersten Schichten einer sehr dichten Wolkenhülle darstellt. Daß in dieser Wolkenhülle äußerst stürmische Vorgänge stattfinden, habe ich schon im allgemeinen erwähnt, ich muß nun aber noch spezieller auf eine merkwürdige Erscheinung eingehen, die sich im Sommer 1878 zuerst auf dem Jupiter zeigte, und die auch 1883 noch wahrzunehmen war. Es ist dies das Auftreten einer ungeheuer großen roten Wolke auf der südlichen Hemisphäre des Jupiter. Trouvelot in Cambridge schätzte im Jahre 1878 ihren Durchmesser auf $^1/_5$ des Jupiterdurchmessers. Die Farbe dieses mächtigen Gebildes spielte ins Rosenrote und trat sehr intensiv hervor, weil die Wolke sich auf einem etwas hellweißen Hintergrunde projizierte. Ihre Gestalt

war eiförmig und die große Achse schien ein wenig gegen die Richtung der Streifen geneigt zu sein. Veränderungen im Aussehen dieser Wolke fanden nur sehr allmählich und in geringem Maße statt, auch hat sie ihren Ort auf dem Jupiter nicht sehr verändert, wenigstens deuten die Beobachtungen von Schmidt in Athen nur geringe periodische Schwankungen um eine mittlere Lage an. Lohse fand, daß der rote Fleck, wenn er infolge der Rotation an dem Rande der Jupiterscheibe erschien, alsdann in hohem Grade seine Intensität und Färbung verlor, ein Anzeichen, daß wahrscheinlich über ihm sehr dichte Gas- oder Dampfmassen lagerten. Die Oberfläche dieses roten Fleckes wird nach zahlreichen Messungen auf nicht weniger als 10 000 000 Quadratmeilen geschätzt, also größer als die ganze Erdoberfläche.

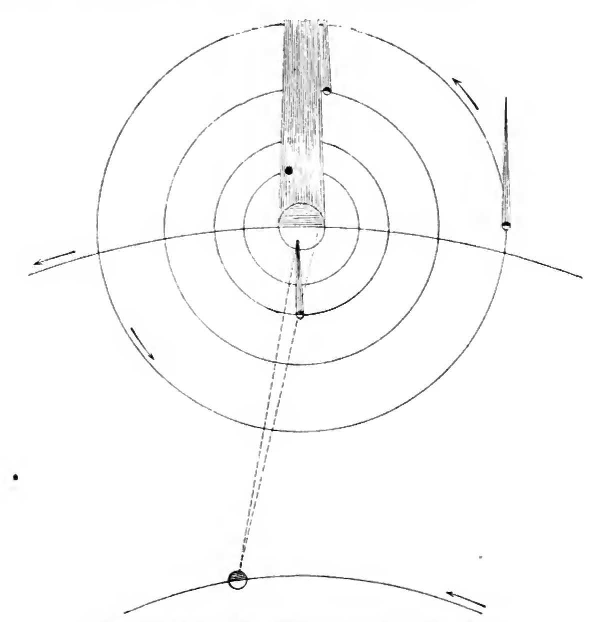
Es ist schwierig bei dem gegenwärtigen Zustande der Forschung eine einwurfsfreie Hypothese über die Natur dieser roten Wolke und über die physische Konstitution des Jupiter überhaupt aufzustellen. Prof. Hough, welcher an dem großen Refraktor zu Chicago den Jupiter anhaltend untersucht hat, glaubt, daß sich die sämtlichen wahrgenommenen Erscheinungen am besten durch die Annahme erklären, daß die Oberfläche des Jupiter von einer glühendflüssigen Masse bedeckt wird und daß sowohl der rote Fleck als die übrigen rotbraunen und dunklen Flecke wie Streifen aus einer Materie von etwas niedrigerer Temperatur bestehen. Über dieser glühendflüssigen Oberfläche hätte man ferner eine dichte Atmosphäre anzunehmen, in welcher die äquatorialen weißen Flecken entstehen, die wolkenartiger Natur sind. Hiernach wäre also Jupiter auch heute noch eine Art von kleiner Sonne, die zwar kein nennenswertes Licht in den Weltraum ausstrahlt, deren Oberfläche aber noch nicht in das Stadium der Erkaltung und Festigkeit übergegangen ist.

Wir können aus der Zeichnung erkennen, daß die Jupiterscheibe nicht kreisförmig ist, und in der That zeigt dieser Planet, entsprechend seinem raschen Umschwunge, eine beträchtliche Abplattung an seinen Polen, so daß der Polardurchmesser um etwa 1000 Meilen kürzer ist, als der Äquatorialdurchmesser.

Aber nicht einsam wandelt der Jupiter seine ferne Himmelsbahn. Selbst einer Sonne gleich an Größe und Macht, hat er auch eine Schar beherrschter Trabanten um sich versammelt. Schon der erste Beobachter, der sein Fernrohr auf den Jupiter richtete — und man bezeichnet als solchen bald den deutschen Astronomen Simon Marius, bald und mit zweifelloserm Rechte den berühmten Galilei, und als die Zeit ihrer Entdeckung für den ersteren den 29. Dezember 1609, für den letzteren den 7. Januar 1610 — erblickte diese Trabanten oder Monde als kleine Lichtpunkte zur Seite der glänzenden Scheibe. Die geschärftesten Fernrohre der neueren Zeit haben ihre ursprüngliche Zahl 4 nicht vermehrt. Stets erscheinen sie in fast gerader Linie, bald zu zwei auf jeder Seite der Scheibe, bald 3 im Osten, einer im Westen, bald sämtlich auf derselben Seite. Seltsam genug leuchten sie in etwas verschiedenen Farben, der erste und dritte in lebhaftem Weiß, der zweite bläulich, der vierte in orange oder rötlichem Lichte, ob infolge besonderer Eigentümlichkeiten ihrer festen Massen oder einer lichtbrechenden Wirkung ihrer Atmosphären, muß unentschieden bleiben.

Es wird erzählt, daß es zu Zeiten einzelne Menschen gegeben habe, welche

die Jupitermonde mit bloßen Augen zu sehen im stande gewesen wären, und daß daher auch manche Völker, wie die Japanesen und vielleicht einige sibirische Stämme, eine Kenntnis von ihrem Dasein lange vor der Erfindung der Fernrohre gehabt hätten. Zu leugnen ist nun die Möglichkeit einer solchen Sichtbarkeit keineswegs. Die Jupitertrabanten zeigen Scheiben von 1—1½ Sekunden Durchmesser, könnten uns also wohl als Sterne 6. Größe sichtbar werden. Für den gewöhnlichen Beobachter verschwinden aber diese kleinen Scheiben in dem falschen Lichte der Strahlen, mit dem sich der Jupiter wie jeder starkleuchtende Punkt für das unbewaffnete Auge nach allen Seiten einhüllt.



Erklärung des gleichzeitigen Verschwindens von drei Jupitermonden.

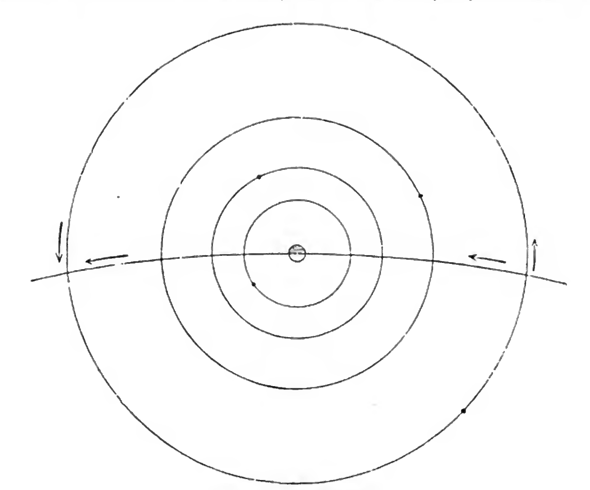
Allerdings ist es unzweifelhaft, daß in dieser Beziehung große Unterschiede zwischen den verschiedenen Augen bestehen, daß für das eine die Strahlen nur eine Länge von 3—5, für das andre von 12—15 Minuten erreichen. Nun stehen die Monde in Abständen von 2, 3, 5 und 9 Minuten von der Jupiterscheibe. Es ließe sich also wohl denken, daß in gewissen, ausnahmsweise scharfen Augen sich das Bild des Jupiter nur mit Strahlen von 1—2 Minuten Länge ausbreitete, und daß es diesen darum gestattet sei, jene Trabanten ohne optische Hilfsmittel

zu erblicken. Wenn aber damit auch für besonders begabte Augen die Möglichkeit, die Jupitertrabanten mit bloßen Augen zu sehen, zugegeben wird, so dürfte doch die Behauptung einer solchen Begabung nicht immer zweifellos hinzunehmen sein. Der Betrug spielt hier leicht eine eben solche Rolle, wie er sie bei der magnetischen Hellseherei oder gar Tischklopferei unsrer Tage gespielt hat. Arago erzählt davon ein sehr auffallendes Beispiel. Zu Anfang dieses Jahrhunderts machten zwei Schwestern in Hamburg dadurch allgemeines Aufsehen, daß sie die beiden entferntesten Jupitermonde deutlich und ohne Schwierigkeit erblickten. Als ein Astronom sie endlich auf die Probe stellte, zeigte sich, daß sie stets rechts vom Jupiter sahen, was in Wahrheit links stand, und diese seltsame Verwechselung klärte sich sehr leicht dadurch auf, daß die beiden Mädchen sich in ihren Angaben nach den Zeichnungen im Berliner Jahrbuche richteten, in welchem zur Bequemlichkeit der Astronomen die Stellungen der Monde und des Planeten nicht wie sie wirklich sind, sondern wie sie in den gewöhnlichen Fernrohren erscheinen, abgebildet waren. Professor Heis, der ein außerordentlich scharfes Auge besaß, erklärte, niemals einen Jupitertrabanten ohne Fernrohr wahrnehmen zu können. Einmal sah er allerdings einen schwachen Stern dicht neben Jupiter, aber es war dies der Gesamteindruck von zwei Monden, die gerade sehr nahe bei einander standen.

Das Gebiet des Jupiter wird durch diese Monde, die sich in fast kreisförmigen Bahnen und nahe in der Ebene des Äquators um ihren Zentralkörper bewegen, auf 500 000 Meilen erweitert. Denn der äußerste dieser Monde nimmt einen Abstand vom Mittelpunkte des Jupiter ein, welcher 27 seiner Halbmesser entspricht, während der nächste allerdings ihm auf 6 solcher Halbmesser nahe steht — eine außerordentliche Nähe gegenüber dem Abstande unsres Erdmondes von unsrer Erde, der, wie bekannt, über 60 Erdhalbmesser beträgt. Geringer freilich ist der Zuwachs an Gewicht, der dem Jupiter durch diese Monde wird. Allerdings ist der kleinste unter ihnen, der zweite, unserm Mond fast gleich, denn er mißt etwa 460 Meilen im Durchmesser, und der größte, der dritte, kommt sogar an Körperumfange dem Mars nahe, er mißt fast 750 Meilen. Aber ihre Gesamtmasse beträgt doch kaum den 6000sten Teil von der Masse des Zentralkörpers. Die Masse der einzelnen Monde ist übrigens mit großer Genauigkeit ermittelt, was man in betreff der Größen der Monde keineswegs behaupten kann. Das erklärt sich sehr leicht. Die Messung der Größe hängt ab von Beobachtungen, von Messungen scheinbarer, sehr kleiner Durchmesser, die nicht allein mit den gewöhnlichen Beobachtungsfehlern behaftet, sondern auch durch Unsicherheit in den Umrissen getrübt sein können. Für die Bestimmung der Massen aber geben die Monde für einander außerordentlich feine Wagen ab, durch die Störungen, die sie wechselseitig in ihrem Laufe hervorbringen. So sind ja auch die Monde die sicherste Wage für die Masse des Jupiter selbst geworden. Drückt man die mittleren Abstände dieser Monde durch Jupiter-Halbmesser aus, so ist die Distanz des ersten = 6, des zweiten = $9^1/_2$, des dritten = $15^1/_5$, und des vierten 27. In diesen Abständen prägt sich eine Art von Gesetzmäßigkeit aus, denn man erhält sie sehr nahe durch folgende Reihe:

1. Mond: $1 \times 3^2/_5 + 1 \times 2^1/_2 = 5^9/_{10}$,
2. „ $2 \times 3^2/_5 + 1 \times 2^1/_2 = 9^1/_3$,
3. „ $3 \times 3^2/_5 + 2 \times 2^1/_2 = 15^1/_5$,
4. „ $5 \times 3^2/_5 + 4 \times 2^1/_2 = 27$.

Vergleicht man die synodischen Umlaufszeiten der Monde miteinander, so findet sich, daß 247 Umläufe des ersten gleich sind 123 Umläufen des zweiten und ebenso 61 Umläufen des dritten Mondes, nämlich 437 Tage 4 Stunden. Daraus folgt, daß auch die Unregelmäßigkeiten der Verfinsterungen in eine Periode von dieser Dauer eingeschlossen sind, eine Thatsache, welche für die beiden innersten Monde bereits von Bradley aus den Beobachtungen erkannt wurde.



Bahnen der Jupitermonde.

Ferner hat Laplace gefunden, daß die mittlere Winkelbewegung des ersten Mondes + der doppelten mittleren Bewegung des dritten gleich ist der dreifachen mittleren Winkelbewegung des zweiten Mondes, sowie daß die mittlere Länge des ersten Mondes — der dreifachen mittleren Länge des zweiten + der doppelten mittleren Länge des dritten Mondes stets fast genau 180 Grad beträgt.

Aus dem letzteren Ergebnisse jenes Forschers folgt, daß die drei innersten Monde des Jupiter nie gleichzeitig verfinstert werden können. Nichtsdestoweniger können sie aber doch für den Beobachter von der Erde aus gleichzeitig unsichtbar sein, wie wir aus der Figur (S. 297) erkennen werden. Hier sind zwei Satelliten verfinstert und der dritte steht vor der Scheibe, so daß für den Augenblick von der Erde aus nur der vierte Satellit neben dem Jupiter zu sehen ist. Ja, in seltenen Fällen kann es vorkommen, daß Jupiter ganz ohne Satelliten gesehen

wird. Dies ereignete sich z. B. in der Nacht vom 21. zum 22. August 1867, wo Jupiter von 10 Uhr 13 Minuten bis 11 Uhr 58 Minuten mittlerer Zeit von Paris ganz ohne Satelliten erschien. Damals war der zweite seiner Monde verfinstert, während der erste, dritte und vierte vor der Scheibe standen. Ich habe schon die eigentümliche Lage der Bahnen dieser Monde, ihre geringe Neigung gegen die Äquatorialebene des Jupiter erwähnt. Eine Folge davon wie von der Größe des Jupiterkörpers ist nun, daß jeder dieser Monde bei jedem seiner Umläufe eine Sonnen- und Mondfinsternis für den Jupiter bewirkt. Nur der vierte Mond kann seiner etwas größern Neigung wegen bisweilen vorübergehen, ohne Finsternisse zu veranlassen. Wir können uns also denken, daß solche für uns Erdenbewohner so seltene Ereignisse hier eine ganz außerordentliche Häufigkeit haben müssen. Der erste dieser Monde vollendet ja seinen Umlauf in der kurzen Zeit von 42 St. 28 Min., und der fernste selbst gebraucht dazu nur 16 Tage 16 St. 32 Min. Es müssen sich daher ungefähr 4400 Mondfinsternisse und eben so viele Sonnenfinsternisse im Laufe eines Jupiterjahres ereignen. Von der Erde aus lassen sich diese Ereignisse sehr gut, und zwar etwa in nachfolgender Weise beobachten.

So oft ein Mond in den Schatten des Jupiter tritt, verschwindet er plötzlich wie ein erlöschendes Licht, und ebenso plötzlich tritt er wieder aus dem Schatten hervor. Wenn eine Sonnenfinsternis sich für den Jupiter ereignet, so sieht man von der Erde aus den schwarzen Schatten des Mondes auf der Jupiterscheibe langsam dahinziehen. Auch die hellen Monde sieht man dann deutlich in die Jupiterscheibe eintreten und erst gegen die Mitte hin ganz verschwinden, zum sichern Beweise, daß der Jupiter eine Atmosphäre hat und darum am Rande schwächer leuchtet als in der Mitte. In diesen Finsternissen nun ist uns der sicherste Beweis gegeben, daß das Eigenlicht, welches Jupiter aussendet, nur gering ist und dieser Planet hauptsächlich das erborgte Licht der Sonne zurückstrahlt. Die Schatten der Monde erscheinen für unser Urteil vollkommen schwarz; also haben auch die beschatteten Stellen des Jupiter höchstens nur ein sehr geringes eignes Licht. Daß aber der gewaltige Jupiter nicht ganz und gar des eignen Lichtes entbehrt, ist aus Gründen, die ich schon anführte, sehr wahrscheinlich, und ich kann diesen noch zufügen, daß auch die photometrischen Messungen Zöllners für diese Annahme sprechen. Aus denselben ergibt sich nämlich, daß die lichtreflektierende Kraft dieses Planeten 0,62 beträgt, oder daß fast $^2/_3$ des auffallenden Lichtes von ihm reflektiert zu werden scheinen. Diese reflektierende Kraft ist aber so groß, daß sie fast derjenigen des weißen Papiers oder des frisch gefallenen Schnees nahe kommt. Soll man aber den Jupiter aus einem so stark reflektierenden Stoffe zusammengesetzt denken? Das ist wohl nicht wahrscheinlich, selbst wenn man seiner wolkigen Hülle eine beträchtliche Reflexionsfähigkeit zuschreibt.

Merkwürdig ist, daß die Jupitermonde bei ihren Vorübergängen vor der Scheibe des Hauptplaneten in dem Maße sich weniger von dem hellen Hintergrunde abheben, als sie tiefer in die Scheibe einrücken, ja in den zentralen Teilen

derselben sogar als **dunkle** Flecke wieder erscheinen. So sah Tebutt am 15. April 1873 den dritten Jupitermond, der sich anfangs als heller Fleck von der Scheibe des Hauptplaneten abhob, später verschwinden und darauf als dunklen Fleck wieder sichtbar werden, der zuletzt fast ebenso schwarz erschien als sein Schatten. Auch der erste Mond, der um dieselbe Zeit eingetreten war, erschien zuerst als heller Fleck. Die gleiche Erscheinung zeigte der dritte Mond am 8. April und 14. Mai. Diese Erscheinung läßt sich am einfachsten in folgender Weise erklären: Da Jupiter, wie wir wissen, von einer dichten Atmosphäre umhüllt ist, so müssen die gegen den Rand hin liegenden Teile beträchtlich dunkler erscheinen als die zentralen. Ein Mond, der vor die Scheibe tritt, wird sich daher anfangs hell vor seiner Umgebung abheben, dies aber immer weniger in dem Maße, als er sich dem Mittelpunkte nähert. Besitzt nun ein solcher Mond dieselbe lichtreflektierende Kraft wie der Planet Jupiter, so kann er höchstens neben seiner Umgebung verschwinden, aber niemals als dunkler Fleck erscheinen. In Wirklichkeit ist aber die lichtreflektierende Kraft Jupiters durchschnittlich dreimal größer als diejenige seiner Monde. Letztere müssen also, indem sie bei ihren Vorübergängen vor der Jupiterscheibe sich den zentralen Teilen derselben nähern, von einem gewissen Abstande an dunkler als ihre Umgebung erscheinen. Wie groß dieser Helligkeitsunterschied ist, hängt davon ab, ob der betreffende Teil der Jupiterscheibe von helleren oder dunkleren Streifen bedeckt ist. Daß etwaige Flecke auf den Trabantenscheiben auch dazu beitragen, deren Dunkel zu erhöhen, ist klar. Um die Thatsache zu erklären, daß Tebutt den dritten Mond zuletzt fast ebenso dunkel sah als seinen Schatten, braucht man sich bloß daran zu erinnern, daß Jupiter nur ein geringes eignes Licht besitzt, also die Trabantenschatten nicht absolut schwarz erscheinen können.

Ich vermag nicht gerade viel Aufklärung über die Naturverhältnisse dieser Monde zu versprechen, aber auch das Wenige wird bei ihrer Kleinheit und Ferne überraschend genug erscheinen. Man hat nämlich in der That Flecke auf diesen Monden beobachtet, ähnlich denen, wie sie uns von unserm Monde bekannt sind, die darum wohl auch auf ein ähnliches Detail der Oberflächen schließen lassen. Allerdings sind diese Flecke nur sichtbar, wenn die Monde in ihrem Umlaufe vor der Scheibe des Jupiter erscheinen, und dieser Umstand erklärt das Seltsame, was darin liegt, daß man Details unterscheiden soll, wo doch das Ganze durch seine Kleinheit sich der Wahrnehmung entzieht. Wir wissen, daß ein sehr kleiner leuchtender Gegenstand niemals scharf begrenzt erscheint, sondern sich fast wie ein formloses Licht darstellt, von welchem nach allen Richtungen mehr oder weniger lange Strahlen ausgehen. Dies gilt auch von einem Jupitermonde, wenn er außerhalb des Planeten erscheint; sein Bild ist verwaschen, und Strahlen verhindern die Sichtbarkeit jedes Fleckes. Sobald er aber vor den Planeten tritt, so muß sich seine Scheibe, wie klein sie auch sein mag, in aller Schärfe auf der Planetenscheibe darstellen: die Strahlen verschwinden, und nichts hindert mehr die schwarzen Flecke zu sehen, die durch den Kontrast ihres Dunkels zu dem kräftigen Licht der Umgebung noch deutlicher hervortreten.

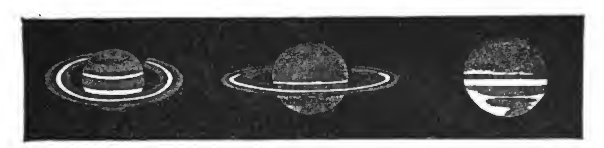
Man hat diese Flecke mit der Beobachtung in Zusammenhang gebracht, daß diese Monde auffallende Änderungen in ihrer Helligkeit und scheinbaren Größe zeigen, Änderungen, die regelmäßig in denselben Stellungen der Monde in bezug auf den Jupiter und die Sonne wiederkehren. Man hat daraus den Schluß gezogen, daß sie uns abwechselnd alle ihre verschieden reflektierenden Seiten zukehren, daß sie aber eben darum dem Jupiter immer nur eine Seite zuwenden können, daß sie also eine Rotation besitzen, deren Dauer, wie bei unserm Erdmonde, genau mit den Zeiten ihres Umlaufes um den Hauptplaneten zusammenfällt.

Wir werden nun diese kleine Jupiterwelt verlassen, die uns gleichsam im Spiegel ein treues Abbild des großen Sonnensystems vorhält und dadurch einst außerordentlich viel zu schneller Verbreitung der Kopernikanischen Lehre beigetragen hat. Aber ich möchte nicht, daß es geschehe, ohne daß wir zwei große historische Erinnerungen, die sich an sie knüpfen, mitnehmen. Die Entdeckung der Jupitermonde ist die erste Frucht, welche die Erfindung des Fernrohres und seine Anwendung auf die Beobachtung der Gestirne trug, und die Beobachtung ihrer Finsternisse ist es gewesen, welche den dänischen Astronomen Römer im Jahre 1675 zur Messung der Lichtgeschwindigkeit veranlaßte, auf welche dann Bradley später die überaus wichtige Entdeckung der Lichtabirrung gründete. Aber auch eine praktische Bemerkung nehmen wir noch mit uns. Die Verfinsterungen der Jupitermonde haben auch eine Bedeutung für die Bereicherung unsrer geographischen Kenntnisse. Sie bieten uns die sichersten Mittel für die oft so schwierige Bestimmung der geographischen Längen, und schon Galilei war es, der darauf aufmerksam machte. Der Eintritt eines Jupitermondes in den Kernschatten des Planeten, wie der Beginn seines Austritts sind als augenblickliche und für Beobachter an den verschiedensten Orten der Erde, über deren Horizont der Jupiter sich gerade befindet, durchaus gleichzeitig zu betrachten. Es bedarf also nur einer Vergleichung der Uhren zweier Orte zur Zeit der Beobachtung eines solchen Vorganges, um den Längenunterschied beider Orte daraus abzuleiten. Durch die Ausbildung der Lehre von der allgemeinen Anziehung und genaue Berechnung der daraus folgenden Störungen im Laufe dieser Monde ist es jetzt gelungen, Tafeln zu entwerfen, welche die Ein- und Austritte der Monde für bestimmte Orte der Erde, etwa Paris oder London, mit großer Genauigkeit angeben. Dem Seefahrer freilich, der fern in den Wüsten der Meere mittels dieser kleinen Sterne den Lauf seines Schiffes richten will, tritt für jetzt noch die Schwierigkeit hindernd entgegen, welche die Beobachtung so kleiner Sterne mit Fernrohren von hinreichender Vergrößerung bei den beständigen Schwankungen des Schiffes mit sich bringt.

Wir wollen uns nun einen Augenblick auf einen der Jupitermonde versetzen, um unsre Augen an der wunderbaren Szenerie des nächtlichen Himmels dieser fernen Weltgegend sich weiden zu lassen. Mehr als 1000 Vollmonden gleich an Größe, den Raum eines ganzes Sternbildes wie der Orion umfassend, leuchtet die gewaltige Scheibe des Jupiter, und neben dieser Riesenscheibe schmücken noch

drei Monde den sternbesäeten Himmel. Fast volle zwei Erdentage währt diese Nacht, und um ihre Mitte sehen wir den Schatten unsres Mondes über die Jupiterscheibe hinziehen. Die Sonne geht auf, eine kleine blendende Scheibe, aber noch einmal unterbricht den Tag eine kurze, zwei Stunden lange Nacht, da der Jupiter vor die leuchtende Sonnenscheibe tritt. Und nur diese kurze Nacht ist eine wirkliche Nacht, so hell leuchtet die große Scheibe am nächtlichen Himmel.

Es hat eine Zeit gegeben, wo man den Plan einer schöpferischen Weisheit darin sehen wollte, daß dem Jupiter vier Monde zugesellt seien, als Ersatz für das kärglicher zugemessene Sonnenlicht. Man hat von dunklen Jupiternächten gesprochen, als ob die Abwesenheit einer fernern Sonne größeres Dunkel verbreiten könne, als die Abwesenheit einer nähern. Man hat von dem milden Glanze jener Monde gesprochen, von einer Tageshelle, die sie über die nächtlichen Landschaften ausgössen, als ob vier Monde am Himmel das verrichten könnten, von denen nur einer in der Größe unsres Mondes, zwei nur $^1/_3$, der vierte sogar nur $^1/_{12}$ so groß erscheinen, und die insgesamt doch blos 15 mal weniger Licht spenden als unser Mond, dessen Licht schon mehr als 600000 mal schwächer als unser Sonnenlicht ist. Wir werden für solche Weisheitsträume wenig Bestätigendes auf dem Jupiter gefunden haben.



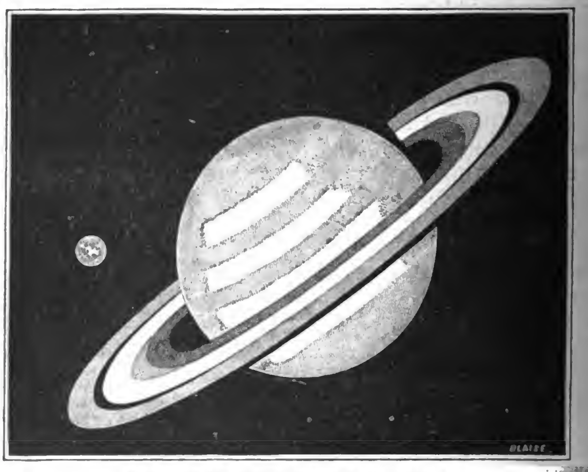
Scheinbare Größe des Saturn während seiner größten, mittlern und kleinsten Entfernung von der Erde.

Es ließe sich ja, wenn man solche Zweckbestimmungen von Welten füreinander gelten lassen wollte, kaum eine unweisere Einrichtung denken, als diese Stellung der Jupitermonde in der Äquatorebene des Hauptkörpers. Gerade die Polargegenden, die in ihren sechsjährigen Winternächten noch am meisten des Mondlichtes bedürften, sehen wegen dieser Stellung nie einen Mond über ihrem Horizonte, und selbst die Äquatorgegenden verlieren noch durch die zahlreichen Finsternisse, die ihnen zumal stets den Anblick des Vollmondes rauben, fast ein Viertel ihres Mondscheins. Jene altklugen, spießbürgerlichen Anschauungen werden am besten durch solche Wanderungen zerstört, wie wir sie miteinander unternommen. In der Fremde lernt man erst fremde Selbständigkeit achten und vergißt es, beschränkte Maßstäbe an große Erscheinungen zu legen.

Wieder geht es nun hinaus in den Weltenraum. Immer weiter dehnen sich jetzt die Strecken, welche die Welten voneinander trennen. Fast 90 Millionen Meilen haben wir zu durchfliegen, ehe wieder eine feste Welt uns Halt gebietet, und 190 Millionen Meilen liegt nun bereits die Sonne hinter uns, die nur noch als eine Scheibe von $3^1/_3$ Min. Durchmesser und mit 91 mal schwächerem Lichte, als sie der Erde leuchtet, am Himmel glänzt. Eine Welt steigt vor uns

aus der Nacht, die wunderbarste und großartigste aller Welten unsres Systems. Ich sage eine Welt, denn es ist nicht ein einfacher leuchtender Ball, sondern ein ganzes System von Körpern, zum Teil der seltsamsten Art, das diese Welt bildet. Auf 1 000 000 Meilen dehnt sich dieses Gebiet aus, in welchem der Saturn als mächtiger Herrscher thront, eine kleine Sonne gleichsam unter seinen Trabanten.

Wenn wir von der Erde aus dieses Gestirn erblickten, so würde es uns als ein trüber gelblichroter Stern, dessen Durchmesser von 15 bis 20 Sekunden wechselte, erscheinen. In Wirklichkeit sehen wir vor uns einen Ball, dessen Durchmesser 15 600 Meilen mißt, der an Größe fast 750 mal unsre Erde übertrifft.

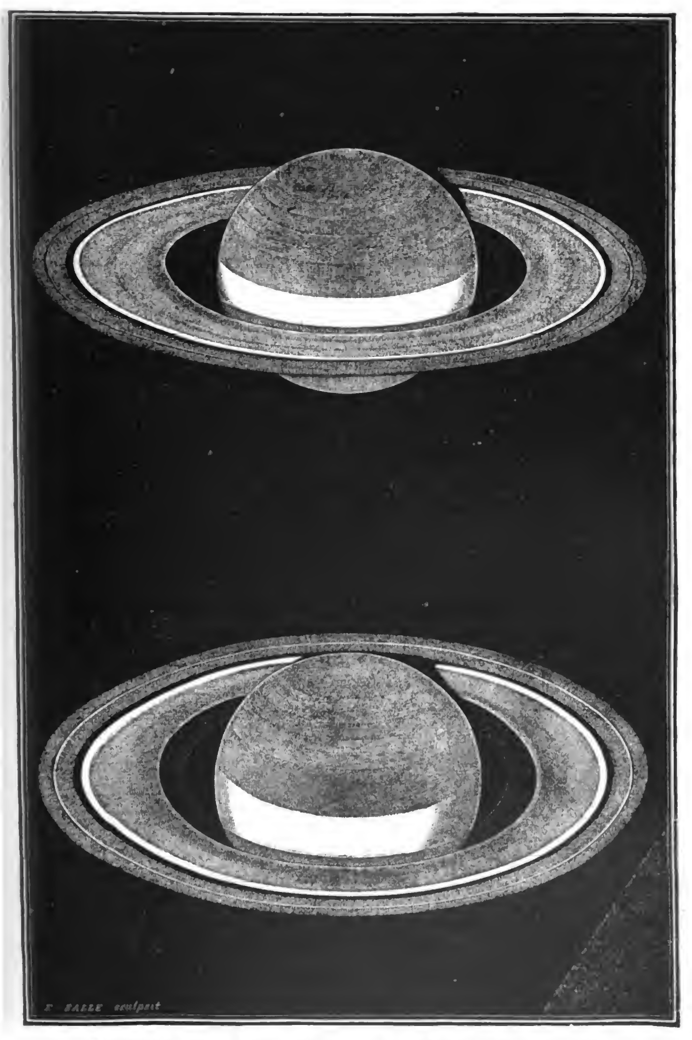


Saturn und Erde in ihrem wahren Größenverhältnis.

Wenn schon dem Altertum die außerordentliche Langsamkeit seiner Bewegung auffiel, so begreifen wir diese jetzt aus der ungeheuern Ausdehnung seiner Bahn, die zu durchlaufen er fast $29^1/_2$ unsrer Jahre oder 10 759 Tage 23 Stunden $16^1/_2$ Minuten gebraucht.

Die wunderbarste Erscheinung der ganzen Saturnwelt ist jedenfalls der Ring. Schon der erste Astronom, der das Fernrohr auf den Saturn richtete, Galilei, war verwundert und verwirrt über das seltsame Aussehen, das er ihm bot. Er erblickte im Jahre 1610 mit seinem kleinen, 30mal vergrößernden Fernrohre zwei Sterne zu seinen beiden Seiten, die nicht von ihm weichen wollten und ihn anscheinend selbst berührten. Er verglich sie in seiner Verlegenheit mit zwei Dienern, welche den alten müden Saturn auf seinem weiten Wege stützten.

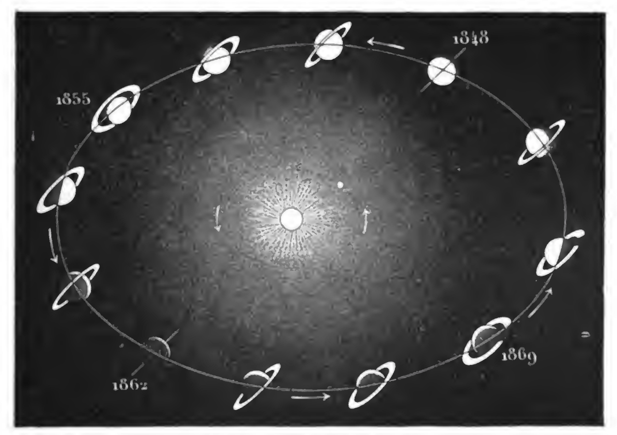
Als jedoch zwei Jahre später diese Seitensterne unsichtbar wurden, da glaubte Galilei, unmutig darüber, er sei durch ein Trugbild genarrt worden.



Ansichten des Planeten Saturn, nach Zeichnungen von Bond und Warren de la Rue.

Aber gerade das Verschwinden dieser Seitensterne oder Henkel, wie man sie später bezeichnete, wurde im Jahre 1659 für Huyghens die Veranlassung zur richtigen Erkenntnis dieser Erscheinung. Mit den von ihm selbst verfertigten großen Fernröhren hatte er mehrere Jahre hindurch den Saturn aufmerksam verfolgt und war dadurch zu der Überzeugung gelangt, daß die Kugel dieses Planeten in der Ebene ihres Äquators von einem dünnen, flachen, frei schwebenden Ringe umgeben sei. Daß diese Erklärung anfangs sehr wenig Anklang fand, darf uns nicht befremden. Sie forderte in der That einen zu plötzlichen Wechsel der Anschauungen, die auf die höchste Einfachheit im Bau der Welten hinausgingen. Hier sollte nun ein dünner, fast scheibenartig flacher Ring die Saturnkugel umschweben, völlig frei, durch nichts als die Anziehungskraft an sie gebunden und von der Sonne erleuchtet wie der Planet selbst. Diese Ansicht war für viele der damaligen Gelehrten ein Stein des Anstoßes, selbst für Riccioli, der sonst in kühnen Annahmen und seltsamen Hypothesen ziemlich weit zu gehen pflegte. Auch er fand die Behauptung von Huyghens unhaltbar. Dazu kam, daß man die Frage nach der äußeren Gestalt des Ringes mit derjenigen seiner Entstehung zusammenwarf, statt sich bloß an das Thatsächliche zu halten. Als freilich dieser Ring sich geeignet zeigte, alle die mit der fortschreitenden Verbesserung der Fernrohre auffallender hervortretenden Sonderbarkeiten in den äußeren Umrissen dieses Gestirnes zu erklären, da hörte man auf, an seinem Dasein zu zweifeln. Wenn wir diesen Ring von der Erde aus niemals in seiner wahren kreisrunden Gestalt erblicken, wenn er uns bisweilen sogar völlig verschwindet, so beweist dies, daß er gegen die Ebene der Saturnbahn und, bei der geringen Neigung derselben gegen unsre Erdbahn, auch gegen diese eine schiefe Stellung einnimmt, so daß wir ihn stets von der Seite und verkürzt erblicken. Wenn er in dieser unveränderlichen Lage mit dem Saturnkörper die Sonne umkreist, so wird er uns 15 Jahre lang die eine, 15 Jahre lang die andre seiner Seitenflächen zuwenden. Während dieser Bewegung kann er natürlich in eine Stellung kommen — und es muß dies sogar zweimal in den beiden Knoten der Bahn eintreten — wo seine Ebene genau mit der Ekliptik zusammenfällt, also durch die Sonne geht. Dann kann keine seiner breiten Seitenflächen, sondern nur die uns zugewandte äußere schmale Kante von der Sonne beleuchtet werden, und der Ring wird für uns völlig unsichtbar oder doch nur in sehr starken Fernrohren als schmaler Lichtstreifen erkennbar. Diese Unsichtbarkeit des Ringes dauert indes nur kurze Zeit. Die zarte Lichtlinie öffnet sich bald wieder und bildet zu beiden Seiten der Planetenscheibe die sogenannten Henkel, die sich endlich so erweitern, daß sie die Scheibe fast umschließen. Dann beginnt abermals die Verschmälerung des Ringes, und abermals verschwindet er endlich. Dieser regelmäßige Verlauf der Erscheinung, der sich zweimal im Umfange eines Saturnjahres wiederholt, erleidet allerdings infolge der Bewegung der Erde einige Veränderungen. Auch die Erde kann nämlich eine solche Stellung einnehmen, daß die Ebene des Saturnringes entweder gerade durch die Erde, oder zwischen Sonne und Erde hindurchgeht. In dem einen Falle wird uns dann nur die dunkle Kante,

im andern nur die dunkle, von der Sonne abgewandte Seite des Ringes zugekehrt, und in beiden Fällen bleibt er uns unsichtbar, oder wir sehen doch nur die dunkle Schattenlinie des Ringes auf der glänzenden Saturnscheibe. Diese Unsichtbarkeit des Ringes kann sogar Wochen und Monate lang für uns währen. Ich brauche wohl nicht erst zu sagen, daß die Lichtgestalten dieses Ringes sich aus den gegenseitigen Stellungen von Saturn, Sonne und Erde mit ebenso großer Genauigkeit vorher berechnen lassen, wie etwa die unsres Mondes, und wir werden zugeben, daß bei solcher Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung jeder Zweifel sich von selbst verbietet. Wir sehen auf der vorstehenden Tafel (S. 305) zwei Darstellungen des Saturn, wie sich dieser in den großen Fernrohren von Bond, Struve und Warren de la Rue darstellte.



Erklärung der Phasen des Saturn.

Die erste Zeichnung bezieht sich auf das Aussehen des Saturn im November 1852, die andre zeigt den Planeten, wie er im März sich darstellte. Zu dieser letzteren Zeit war der Ring nahezu am weitesten gegen die Erde geöffnet.

Wenden wir unsre Blicke zunächst auf den Saturnkörper selbst. Wie sich uns bei früheren Wanderungen durch die sonnennahen Regionen eine gewisse Verwandtschaft der dort kreisenden Planeten unabweislich aufdrängte, so tritt uns hier in der Sonnenferne unsres Systems eine ähnliche Verwandtschaft der Welten entgegen. Nicht ihre Riesengröße allein, auch ihre Dichtigkeit, ihre Rotation, selbst die Naturbeschaffenheit ihrer Oberflächen scheint diesen Planeten gewissermaßen einen Familiencharakter aufzuprägen. Wir haben schon über die geringe Dichtigkeit des Jupiter gestaunt; die des Saturn ist noch weit geringer. Aus den Wirkungen seiner Anziehung auf benachbarte Weltkörper, namentlich auf seine Monde, war man im stande, seine Masse zu schätzen. Man fand sie

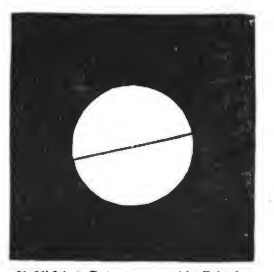
nur 103 mal größer als die Erde, obgleich sein Körperinhalt doch den der Erde fast 750 mal übertrifft. Daraus folgt eine außerordentlich geringe Dichtigkeit dieses Körpers, 7 mal geringer als die Dichtigkeit der Erde und nur $^3/_4$ so groß als die des Wassers. Der scheinbare Durchmesser des Saturn in mittlerer Entfernung von der Erde beträgt nach den genauen Untersuchungen von Bessel in der Ebene des Äquators 17,05″, von Pol zu Pol 15,38″, und daraus folgen jene in Meilen ausgedrückten Dimensionen der Saturnkugel, welche ich dem Leser früher bereits mitteilte. Es ist nun eigentümlich, daß fast alle andern Beobachter den Saturn beträchtlich größer finden als Bessel. So ergaben für den Durchmesser des Saturnäquators die Messungen von Arago 17,70″, von Lassell 17,45″, von Struve 17,99″, von Jacobs 17,94″, von Secchi 17,66″.

Diese Messungen weichen untereinander selbst bedeutend ab. Was aber auch immer der Grund der von den genannten Astronomen gefundenen Vergrößerung des scheinbaren Durchmessers der Saturnkugel sein mag, jedenfalls verdienen nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft die Messungen Bessels großes Vertrauen.

Wie in betreff der Dichtigkeit, so zeigt der Saturn auch in seiner Rotation eine große Übereinstimmung mit dem Jupiter. William Herschel bestimmte sie im Jahre 1794 aus der Beobachtung einiger dunklen Flecken oder vielmehr knotenartigen Verdichtungen in den Streifen des Saturn und fand für ihre Dauer 10 Stunden 29 Minuten 17 Sekunden. Seit jener Zeit verflossen 80 Jahre, ohne daß es möglich wurde, auf der Scheibe des Saturn irgend eine dunkle oder helle Stelle zu erkennen, die eine neue Bestimmung der Rotationsdauer liefern konnte. Das frühere Resultat W. Herschels wurde deshalb meist nur mit Mißtrauen betrachtet, indem man glaubte, daß es auf Täuschungen beruhe. Indessen hat die jüngste Zeit gezeigt, wie sorgfältig der große Beobachter auch bei diesen Beobachtungen gewesen ist. In der Nacht des 7. Dezember 1876 sah nämlich Professor Hall am Riesenrefraktor zu Washington auf der Saturnscheibe einen hellen Fleck von nur 2″ oder 3″ Durchmesser. Sogleich wurden telegraphisch die Besitzer großer Teleskope in Nordamerika von dem Ereignisse unterrichtet, und auf diese Weise war es möglich, bis anfangs Januar eine beträchtliche Anzahl von Beobachtungen zusammenzubringen, deren Diskussion für die Umdrehungsperiode des Saturn eine Dauer von 10 Stunden 14 Minuten 25 Sekunden lieferte, also im allgemeinen das frühere Resultat Herschels bestätigte. Die Rotationsbewegung des Saturn ist also zwar nicht ganz so schnell als die des Jupiter, aber noch immer mehr als doppelt so schnell als die der sonnennahen Planeten, und schnell genug, um eine besonders starke Abplattung erwarten zu lassen. Diese war denn auch in der That schon längere Zeit vorher von Herschel beobachtet und gemessen worden. Sie beträgt nach den Messungen Bessels $^1/_{10,2}$ des Durchmessers und ist somit die bedeutendste im ganzen Planetensystem, bedeutender selbst als die des schneller rotierenden Jupiter, dessen Abplattung nach Arago nur $^1/_{17}$, nach Beer und Mädler sogar nur zwischen $^1/_{18,7}$ und $^1/_{21,6}$ beträgt. Eine so außerordentliche Abplattung läßt sich nur erklären, wenn man eine gegen die Oberfläche abnehmende Dichtigkeit des Saturn annimmt. Völlig unerklärlich

würde aber sein, was Herschel gleichzeitig und mit den verschiedensten und schärfsten Fernröhren am Saturn beobachtet haben wollte. Die Gestalt des Saturn sollte nämlich nicht elliptisch sein, wie es die Rotation bedingt, sondern mehr einem an den Ecken abgerundeten Rechtecke gleichen. Kein Beobachter neuerer Zeit hat eine solche Unförmlichkeit des Saturn wieder gesehen, und trotz der großen Autorität wird nicht leicht noch jemand daran glauben.

An der Oberfläche des Planeten bemerken wir endlich ähnliche bandartige Streifen, wie sie auch den Jupiter auszeichnen. Sie wurden zuerst wahrgenommen von Dominicus Cassini im Jahre 1683, auch Huyghens scheint sie bemerkt zu haben. Diese Beobachtungen waren jedoch mehr oder weniger unsicher, und erst Messier gelang es, in den Jahren 1762 und 1766 jene Gebilde bestimmt zu beobachten. Im Jahre 1776 sah derselbe Astronom einen größeren, grauen, den Jupitersbanden ähnlichen Streifen. Genauere Wahrnehmungen beginnen erst mit W. Herschel. Seine mächtigen Teleskope zeigten, daß jene Streifen ähnlich wie beim Jupiter nicht konstant, sondern veränderlich sind. Nur sind sie beim Saturn breiter, aber auch matter und mehr gekrümmt. Die meisten dieser Streifen deuten auf einen atmosphärischen Ursprung hin. Nur der graue Äquatorialstreifen besitzt Beständigkeit und ist bis zu den Rändern des Planeten zu verfolgen, so daß er also der eigentlichen Oberfläche des Planeten angehören müßte, nach Mädler wohl gar eine Ansammlung von Flüssigkeit, eine Art großer Flutwelle wäre, die durch die Anziehung des über ihm schwebenden Ringes in der Äquatorialzone erzeugt würde. Doch ist nicht zu vergessen, daß hierbei an Wasser von der Dichtigkeit unsres irdischen durchaus nicht gedacht werden kann. Die mittlere Dichtigkeit des Saturn beträgt ja nur $^1/_7$ von derjenigen der Erde, sie ist also geringer als diejenige des Wassers. Dazu kommt, daß nach physikalisch-mechanischen Gesetzen die Dichtigkeit des Planeten von der Oberfläche gegen den Mittelpunkt hin zunehmen muß. An der Oberfläche des Saturn muß daher die durchschnittliche Dichtigkeit der dort befindlichen Materie geringer sein als die mittlere des gesamten Planeten, kann also um so weniger diejenige des Wassers erreichen. Wir dürfen daher in keinem Falle annehmen, Saturn besitze an seiner Oberfläche große Meere, überhaupt Wasseransammlungen. Dem scheint nun freilich eine Beobachtung des älteren Herschel zu widersprechen, welche, wenn sie völlig einwurfsfrei und von andern Astronomen bestätigt wäre, allerdings direkt das Vorhandensein von Wasser in gewissen Formen auf dem Saturn bewiese. Herschel fand nämlich, daß die Polarregionen dieses Planeten zur Zeit, wenn sie Sommer haben, weit weniger hell erscheinen, als in der entgegengesetzten Jahreszeit. Ähnliche Wahrnehmungen will auch Schröter gemacht haben; allein solange solche feinen und schwierigen Beobachtungen nicht durch genaue photo-



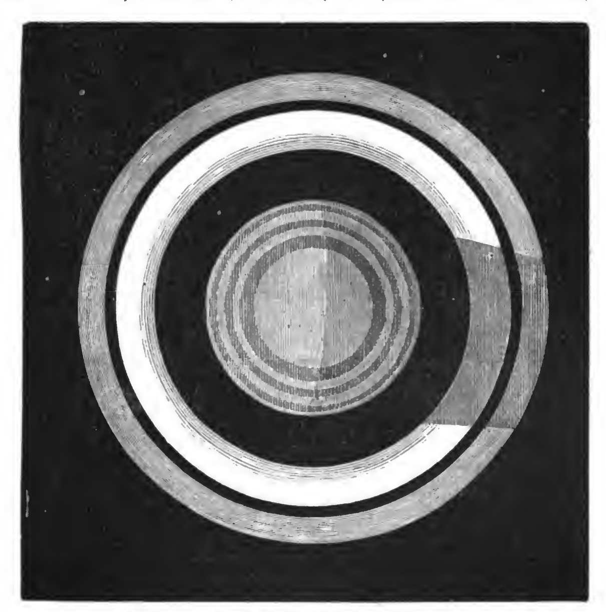
Anblick des Saturn, wenn die Erde in der Ebene seiner Ringe steht.

metrische Messungen unterstützt werden, wird man gut thun, weitere Schlüsse aus ihnen nicht zu ziehen. Ein ziemlicher Kontrast der Jahreszeiten ist beim Saturn allerdings durch die schiefe Stellung der Achse bedingt; aber ob man dabei auch an Schnee- und Eismassen denken darf, ist mehr als fraglich. Daß Saturn eine Atmosphäre besitzt, ist unzweifelhaft. Schon frühere Beobachter wollen bisweilen bemerkt haben, daß kleine Fixsterne, in deren Nähe der Planet bei seiner Fortbewegung am Himmelsgewölbe kommt, eine beträchtliche Abnahme ihrer Helligkeit zeigen, kurz ehe sie hinter dem Rande der Saturnscheibe verschwinden. Eine solche Erscheinung müßte eintreten, wenn Saturn eine beträchtliche Atmosphäre besäße, und man hat daher rückwärts auf diese geschlossen. Aber keiner der früheren Astronomen hat daran gedacht, daß diese Atmosphäre, wenn sie wirklich jene Schwächung des Lichtes der Fixsterne hervorriefe, eine ganz ungeheure Höhe und Dichtigkeit besitzen müßte. Nehmen wir einmal an, daß die Schwächung des Lichtes sich bloß in 2 Sekunden Abstand von dem Rande der Saturnscheibe bemerklich machte. Diese zwei Bogensekunden entsprechen einer wirklichen Höhe von 1800 geogr. Meilen, und in dieser Höhe müßte die Atmosphäre des Saturn so dicht sein, daß sie den hindurchgehenden Lichtstrahl in deutlich erkennbarem Maße abschwächte. Blicken wir nun auf unsre Atmosphäre und berücksichtigen wir die Abnahme der Dichte mit der zunehmenden Höhe, so finden wir, daß bei der Erdatmosphäre schon in 30 Meilen Höhe die Luft eine Viertelbillion mal dünner ist, als an der Erdoberfläche, also eine Verdünnung besitzt, die praktisch mit der gänzlichen Abwesenheit der Luft ziemlich gleichbedeutend ist. Hieraus kann man schließen, daß die Atmosphäre des Saturn eine ganz eigentümliche Beschaffenheit haben müßte, wenn sie noch in 1800 Meilen Höhe so dicht wäre, wie jene alten Beobachter glaubten. Die Erscheinung der abnehmenden Lichtstärke eines dem Rande des Saturn (und jedes andern hellen Planeten) naherückenden Fixsternes muß vielmehr auf physiologische Gründe zurückgeführt werden und hängt zusammen mit der Reizung der Netzhaut durch das helle Licht des benachbarten Planeten.

Wenn man dennoch die Existenz einer Saturnatmosphäre behaupten darf, so stützt diese Behauptung sich zunächst auf die Analogie, und eine wichtige Stütze dieser Ansicht bieten die Ergebnisse der spektroskopischen Untersuchung dar. Nach den Untersuchungen von Secchi und besonders von Vogel zeigt das Spektrum des Saturn mehrere Abweichungen vom Sonnenspektrum, vorzüglich im roten und orangen Teile. Dort zeigen sich einige dunkle Banden, die teilweise mit Liniengruppen des Absorptionsspektrums unsrer Atmosphäre zusammenfallen. Die blauen und violetten Strahlen erleiden eine gleichmäßige Absorption beim Durchgange durch die Atmosphäre des Saturn. Es ist dies, wie Vogel hervorhebt, besonders auffallend im Spektrum des dunklen Äquatorialgürtels. Im allgemeinen besitzt das Spektrum des Saturn eine große Übereinstimmung mit demjenigen des Jupiter.

Richten wir jetzt unsre Blicke auf den Ring des Planeten, und ich will versuchen, ob ich dem Leser auch hier einigermaßen befriedigende Aufschlüsse geben

kann. Daß wir es hier nicht etwa mit einem bloßen Lichtmeteor oder auch nur einer bloßen Dunsthülle, wie noch sehr wissenschaftliche Männer der letzten Jahrhunderte glaubten, sondern mit einer wahrhaft körperlichen Welt zu thun haben, das geht schon aus dem schwarzen Schatten hervor, den dieser Ring auf den Körper des Saturn wirft. Wir haben darin zugleich einen Beweis, daß auch der Saturn ein an sich dunkler Körper ist und sein Licht nur von der Sonne empfängt.

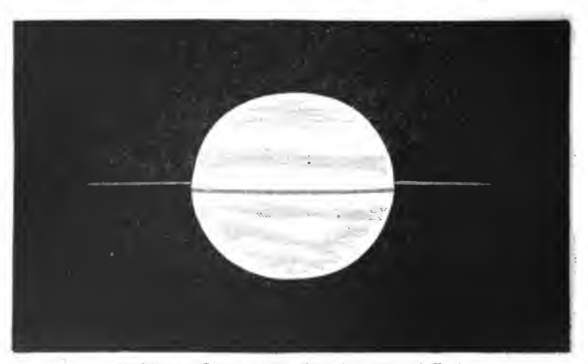


Anblick der Ringe des Saturn aus der Richtung seiner Pole.

Für den Ring liefert der dunkle Schatten, welchen der Saturn auf seine entferntere Seite wirft, denselben Beweis. Aber wir haben auch aller Wahrscheinlichkeit nach nicht bloß einen Ring, sondern eine Mehrzahl von Ringen vor uns, die wohl gar noch in einer innern schöpferischen Beweglichkeit begriffen sind. Schon Cassini erkannte im Jahre 1675 einen dunklen Streifen in dem Ringe, welcher seinen Rändern parallel den Ring in zwei ungleiche Teile scheidet, von denen der innere und zugleich bei weitem breitere sehr hell, der äußere dagegen etwas dunkler erscheint, so daß sie ihn an die Unterschiede polierten und matten Silbers erinnerten. Man nennt diese dunkle Linie die Cassinische Trennung, und wir nehmen sie auf den vorstehenden beiden Zeichnungen des Planeten deutlich als schmalen, schwarzen Streifen wahr. William Herschel

untersuchte mit seinen großen Instrumenten den Saturn in den Jahren 1789 bis 1792 genauer und fand, daß jene schwarze Linie auf beiden Seiten des Ringes und stets in gleichem Abstande vom äußern Rande erscheint, daß sie beständig gleich breit und überall scharf begrenzt ist, daß sie unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen völlig so schwarz erscheint, wie der dunkle Raum zwischen Ring und Planet. Er zog daraus den wichtigen und noch heute anerkannten Schluß, daß jene schwarze Linie eine wirkliche Teilung des großen Ringes bezeichne.

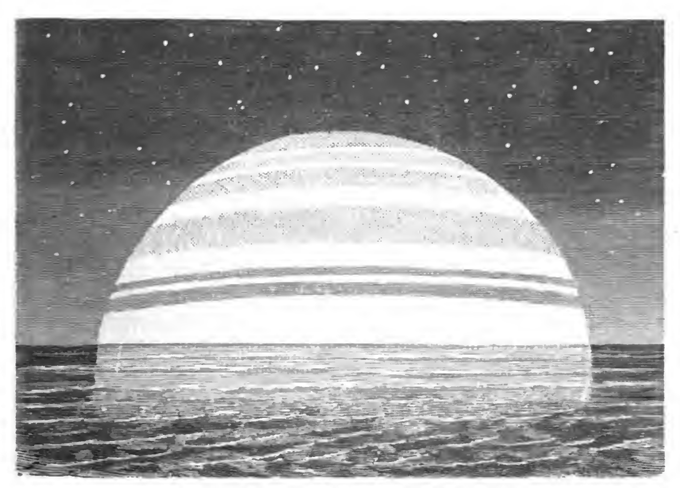
Inzwischen hat man es bei dieser Doppelgestalt des Ringes nicht bewenden lassen. Schon früher hatte man auf dem äußern Ringe zahlreiche zarte Streifen und Linien bemerkt, die aber eine große Veränderlichkeit zeigten. Später haben Encke in Berlin und de Vico in Rom noch drei solcher feiner schwarzer Linien, eine auf dem äußern, zwei auf dem innern Ringe entdeckt, die sie ihrer Schärfe und Beständigkeit wegen für wirkliche Teilungen gehalten wissen wollen.



Aussehen des Saturn am 28. November 1848, nach Bond.

Diese Trennungen sind jedoch später auch mit viel mächtigeren Teleskopen nicht mehr wahrgenommen worden; selbst die deutlichste davon, auf dem äußern Ringe, der man den Namen Enckesche Trennung gegeben hat, kann zuzeiten kaum wahrgenommen werden, und im Jahre 1875 und 1876 erschien sie selbst in dem großen Refraktor zu Washington so matt wie eine graue Bleistiftlinie. Einige Jahre später konnte sie Struve im 14zolligen Refraktor zu Pulkowa überhaupt nicht mit Sicherheit wahrnehmen. Es ist also wohl kaum einem Zweifel unterworfen, daß auf dem Ringe des Saturn sich Teilungen bilden und wieder verschwinden. Hierhin gehört auch die interessante Entdeckung, welche in den letzten Monaten des Jahres 1850 von dem amerikanischen Astronomen Bond und von den englischen Astronomen Dawes und Lassell fast gleichzeitig gemacht wurden. Sie erkannten nämlich deutlich innerhalb des bisherigen Ringsystems einen neuen sehr lichtschwachen, dunklern Ring, der ungefähr ein Dritteil des bisher für leer

angesehenen Raumes zwischen Ring und Planet ausfüllt. Auch dieser sogenannte dunkle oder „Crap"=Ring scheint großen Veränderungen zu unterliegen. Zunächst ist zu bemerken, daß er heute so leicht sichtbar ist, daß man ihn auch in einem Fernrohr von 4 Zoll Objektivdurchmesser ohne alle Schwierigkeit wahrnimmt, sodaß es geradezu unbegreiflich wäre, daß die früheren Beobachter des Saturn ihn sollten übersehen haben, wenn er damals so hell gewesen als heute. Dann zeigt auch dieser Ring gegenwärtig keine scharfe Trennung rechts von dem hellen innern Ringe, sondern beide gehen allmählich ineinander über.



Der Saturn von seinem Ringe aus gesehen.

Die Beobachtungen von Trouvelot am großen Refraktor zu Washington lehren außerdem, daß der dunkle Ring nicht, wie man häufig glaubt, gänzlich durchsichtig ist, sondern daß er gegen den hellen Ring hin immer dichter wird. Nur an seinem innersten Rande schimmert der Planet noch hindurch.

Wenn wir bedenken, daß die ganze Ausdehnung dieser Ringgebilde uns nur in der Breite von etwa 40 Sekunden, also kaum dem Durchmesser der Jupiterscheibe in ihrer mittleren Größe gleich, erscheint, so werden wir auch begreifen, wie schwierig es ist, einigermaßen befriedigende Aufschlüsse über die wirklichen Dimensionen ihrer einzelnen Teile zu gewinnen. Die genauesten und zahlreichsten Messungen der Dimensionen des Saturnringes sind von dem ältern Struve ausgeführt worden. Hiernach beträgt der äußerste Durchmesser des Ringsystems 40" oder 37 000 geogr. Meilen. Der innere Durchmesser umspannt 26,67" oder 25 000 Meilen, die Breite des ganzen Ringsystems ist also

6000 Meilen. Die innerste Ringkante steht von dem nächsten Teile der Oberfläche des Planeten nur 4400 Meilen entfernt, das ist gleich dem elften Teile der Distanz unsres Mondes von der Erde. Die Breite der Cassinischen Trennungsspalte beträgt 0,4" oder 380 Meilen. Die Dicke des Ringsystems muß sehr unbedeutend sein, denn wenn die Erde in seiner Ebene sich befindet, verschwindet der Ring für die meisten Fernrohre. In sehr starken Instrumenten erblickt man dann das Ringsystem als feine, teilweise unterbrochene und hier und da durch hellere Punkte ausgezeichnete Linie. Die Figur auf Seite 312 zeigt dies nach einer Zeichnung von Bond.

Es wird dem Leser schwer werden, sich eine Vorstellung von diesem sonderbaren Ringgebäude zu machen, ja wir werden an der Möglichkeit einer solchen in der Luft gewölbten Riesenbrücke überhaupt zweifeln. Aus diesen Zweifeln können wir uns durch einige Rückerinnerungen aus der irdischen Mechanik befreien. Wenn wir z. B. einen Brückenbogen sich kühn über einen breiten Fluß spannen sehen, so fragen wir nicht, warum der Schlußstein dieses Bogens dem Einflusse der irdischen Schwere nicht nachgibt. Wir wissen, daß der Stein vermöge seiner Form nur dann sich von dem Gewölbe losreißen könnte, wenn die beiden benachbarten Steine, mit denen er in Berührung steht, entfernt würden. Das Fallbestreben des Steines ist also hier in einen doppelten, nach links und rechts auf die beiden Nachbarsteine ausgeübten Druck umgewandelt. Denken wir uns nun ein solches Brückengewölbe in einer gewissen Höhe rings um die ganze Erde fortgesetzt, so wird jeder darin als Schlußstein gelten können und der ganze Zug dieses Gewölbes nach unten in Seitenkräfte aufgelöst sein, die einander das Gleichgewicht halten. Momentan also würde eine solche Brücke, ohne Stützen und Pfeiler einem Kranze gleich rings um den Aequator der Erde schwebend, wohl Bestand haben können. Aber ich sage nur momentan; denn der dauernde Bestand dieses Gewölbes erfordert als notwendige Bedingung, daß alle seine Teile gleichmäßig von der Erde angezogen werden. Jede einseitige Vermehrung oder Verminderung des Druckes, wie sie schon die Einwirkung des Mondes unvermeidlich macht, würde das Gleichgewicht zerstören und den Einsturz des ganzen Gewölbes zur Folge haben.

Und dennoch, werden wir sagen, schwebt ja solch eine Brücke über dem Äquator des Saturn! Es müssen also hier jenen einseitigen Veränderungen der Schwere Vorrichtungen entgegengesetzt sein, durch welche sie ausgeglichen werden. Eine der wichtigsten Gegenwirkungen gegen die Schwere kennen wir bereits in der Rotation. Aber diese reicht allein nicht hin. Wäre der Ring gleichförmig in allen seinen Teilen, so würde er dennoch durch die geringste Kraft, wie die Anziehung eines Satelliten, aus seinem Gleichgewicht gebracht werden können und in sich zusammenbrechen.

Also auch eine gewisse Unregelmäßigkeit der Gestalt, eine ungleiche Breite seiner verschiedenen Teile gehört zum Bestehen des Ringes, so daß sein Schwerpunkt nicht mit seinem geometrischen Mittelpunkte zusammenfällt, sondern eine gewisse Beweglichkeit besitzt, ähnlich der eines Satelliten, der sich um den Mittel-

punkt des Saturn in einer von den Ungleichheiten der Ringe abhängigen Entfernung bewegen müßte. Übrigens sind Rotation und exzentrische Lage des Saturnringes, die erstere kurz nach dem theoretischen Nachweis Laplaces, die andre einige 30 Jahre später durch die Beobachtung festgestellt worden.

Von Zeit zu Zeit nimmt man nämlich auf der Oberfläche des Ringes kurz vor seinem Verschwinden oder bald nach seinem Wiedererscheinen gewisse Erhöhungen oder Ungleichheiten wahr, die unmöglich ihren Grund in einer bloßen Täuschung haben können. Will man sie also nicht für wirkliche leuchtende Flecke der Ringes halten, so bleibt nur übrig, sie auf irgend einen der Satelliten zurückzuführen. Schon Herschel machte aber im Jahre 1790 die Bemerkung, daß die Bewegungen derselben mit keinem der bekannten Satelliten in Einklang zu bringen seien. Er hätte nun auf einen neuen Trabanten schließen können. Aber die Umlaufszeit, welche sich aus der Bewegung jener Flecken ergab, betrug 10 Stunden 12 Minuten 15 Sekunden, und der angenommene Satellit hätte sich nach den bekannten gesetzlichen Verhältnissen, die zwischen Umlaufszeit und Entfernung bestehen, innerhalb der Ringe selbst bewegen müssen. Wir sehen also, daß Herschel genötigt war, jene Flecken als den Ringen selbst angehörig zu betrachten und in jener Rotationszeit die des Ringes zu sehen. In der That entspricht diese Rotation fast genau der von Laplace theoretisch geforderten und steht zugleich in naher Übereinstimmung mit der Rotation des Planeten selbst.

Auf die exzentrische Lage des Saturnringes war schon zu Ende des 17. Jahrhunderts von dem französischen Geistlichen Gallet aufmerksam gemacht worden. Man hatte sie damals nicht beachtet. Erst im Jahre 1827 wurde diese Thatsache durch Schwabe in Dessau von neuem entdeckt, und die Beobachtungen von Harding, Struve, John Herschel und James South bestätigen sie. Der Ring des Saturn umschwebt nicht genau konzentrisch die Kugel des Planeten; der Mittelpunkt der Kugel liegt vielmehr etwa $^2/_{10}$ Sekunden vom Mittelpunkt des Ringes. Dies geht aus früheren Messungen hervor, doch zeigen die jüngsten veröffentlichten Untersuchungen von O. Struve in Pulkowa, daß gegenwärtig Saturn völlig zentrisch in seinem Ringsystem schwebt.

Man kann sich denken, wie sehr man darüber nachgegrübelt hat, um eine faßliche Vorstellung von der materiellen Beschaffenheit dieser sonderbaren Welt zu gewinnen, wie tief mancher sich selbst in die Abgründe der Phantasie gewagt hat, um hier eine Aufklärung zu finden. Die einen meinten, der Ring sei am besten durch einen Kometenschweif zu erklären. Ein Komet sollte durch die Anziehungskraft des Saturn gezwungen sein, ihn zu umkreisen; da wäre denn sein Kern zu einem Satelliten, sein Schweif zum Ringe geworden. Andre wollten in dem Ringe den ehemaligen Äquatorgürtel des Planeten sehen, der entweder durch die Wirkung der Zentrifugalkraft sich von demselben abgelöst habe, oder bei einer schnellen Erstarrung und Abkühlung des früher weit ausgedehnteren Planeten zurückgeblieben sei. Noch andre endlich stellten sich den Ring als einen Schwarm außerordentlich kleiner Satelliten vor, deren Bahnen einander so nahe lägen, daß sie uns in der großen Ferne als ein zusammenhängender Körper erschienen.

Diese Erklärungen wurden aber von den thatsächlichen Erscheinungen bald überholt, und nur die letztgenannte besitzt Wahrscheinlichkeit.

Noch immer gehört der Saturn zu den rätselhaftesten Wesen unsrer Weltordnung. Nicht einmal, ob wir für flüssig oder starr den Körper des Saturn erklären sollen, oder ob, wie manche wollen, Wolkenzüge die Saturnringe und Dampfmassen oder Dunstbläschen die Berge des Saturn bilden, läßt sich entscheiden. Von Bedeutung sind nur die Resultate derjenigen Forschungen, die frei von allem Spiel der Einbildungskraft, allein aus den Bedingungen der Stabilität auf die Natur des Saturnringes zu schließen versuchen. Die Flüssigkeit des Saturnringes, wie sie auf wissenschaftlichem Wege von zwei amerikanischen Astronomen, Bond und Peirce, nicht als wirklich, sondern als notwendig nachgewiesen worden, dürfte daher größere Wahrscheinlichkeit für sich haben, als alle noch so scharfsinnigen Erklärungsversuche für den Ursprung der Ringe.



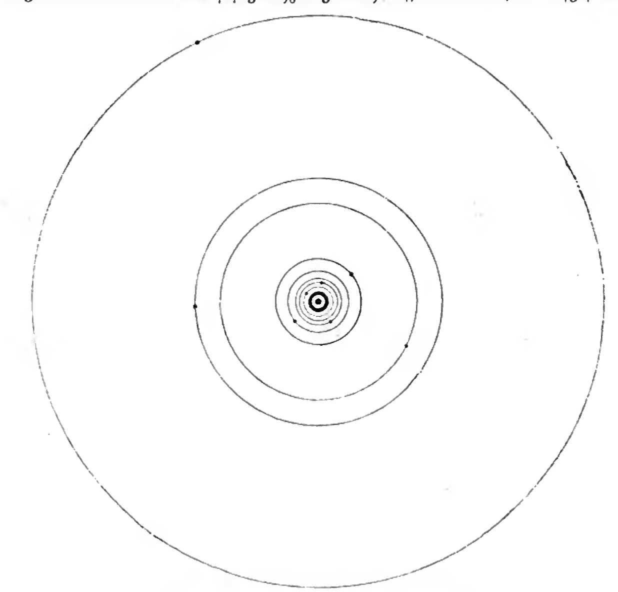
Saturn und seine Trabanten.

Wenn überhaupt das Wesen eines Systems darin zu suchen ist, daß jedes einzelne Glied zum Bestehen des Ganzen notwendig ist, so haben wir in dem Saturnsystem einen der überzeugendsten Belege. Auch jene Ringe würden trotz Erfüllung aller sonstigen Bedingungen der Stabilität, trotz der Rotation, trotz der Ungleichheiten, trotz der exzentrischen Lage, sich nicht im Gleichgewicht zu erhalten vermögen, wenn, wie eben jene amerikanischen Astronomen nachgewiesen haben, die Satelliten oder Monde des Saturn durch ihre Einwirkung und Stellung nicht erst dem Ganzen Festigkeit verliehen.

Acht solcher Satelliten hat der Scharfblick des Astronomen in dem Herrschergebiete des Saturn entdeckt, die letzten ihrer außerordentlichen Kleinheit wegen nur mit Hilfe der Riesenteleskope des vorigen und des gegenwärtigen Jahrhunderts. Erst seit man auf den Gedanken kam, die blendende Saturnscheibe durch einen Schirm zu verdecken, ist es möglich geworden, auch die kleinsten mit mäßigen Fernröhren zu erblicken.

Huyghens war es, der am 25. März 1655 den ersten dieser Trabanten, den größten und sichtbarsten von allen, der in ihrer Reihe nach seinem Abstande die sechste Stelle einnimmt, mit Hilfe zweier von ihm selbst verfertigten Fernrohre auffand. Seine Instrumente wären vollkommen geeignet gewesen, ihn noch weitere Entdeckungen machen zu lassen, wenn nicht ein seltsamer Umstand seiner Forschung ein Ziel gesetzt hätte. Es herrschte nämlich damals noch die Ansicht, daß die Zahl der Hauptplaneten von der Gesamtzahl der Nebenplaneten unmöglich übertroffen werden könne. Zu den sechs damals bekannten Planeten war nun der sechste Mond gefunden, und selbst ein Huyghens hielt es für unnütz, weiter zu suchen. Aber schon 16 Jahre später sollte dieses angebliche kosmische

Gesetz auf eine glänzende Weise vernichtet werden. Cassini entdeckte vom Jahre 1671 bis zum Jahre 1684 vier neue Satelliten des Saturn, in der Reihe der Abstände vom Hauptplaneten den achten, den fünften, vierten und dritten. Durch das Herschelsche Riesenteleskop wurden auch der erste und zweite der Satelliten 1789 entdeckt. Der letzte aber, der siebente, wurde erst 1840 durch Bond in Cambridge in Nordamerika und fast gleichzeitig durch Lassell in Liverpool aufgefunden.

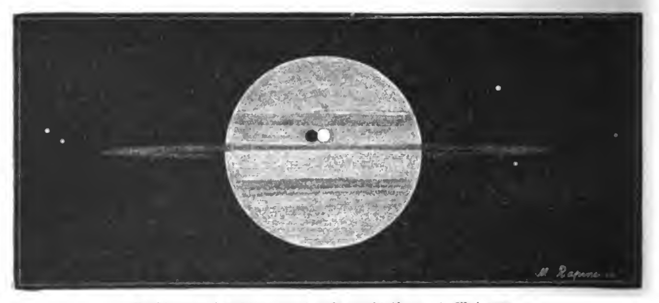


Die Umlaufsbahnen der Saturn-Trabanten.

Zur Bezeichnung dieser Satelliten, deren Entdeckung in so langen Zwischenräumen und unabhängig von ihrer Größe oder ihren Abständen vom Hauptkörper erfolgte, schlug Herschel, um Verwirrung zu vermeiden, besondre Namen vor. Der dem Planeten nächststehende erhielt den Namen Mimas, darauf folgen Enceladus, Thetis, Dione, Rhea, Titan, Hyperion und Japetus.

Die Naturverhältnisse dieser kleinen Welten sind natürlich dem Auge der Wissenschaft noch verschlossen; nicht einmal über ihre Größe läßt sich ein sicheres Urteil gewinnen. Selbst der größte, Titan, bleibt hinter unserm Monde zurück. Der innerste Mond ist auch für größere Instrumente kein leichtes Objekt, weil er sich niemals weit vom Saturnringe entfernt, am leichtesten ist er erst wahrzunehmen wenn der Ring sehr schmal oder ganz verschwunden ist. W. Herschel hat diesen Mond, wie bemerkt, am 40 fußigen Teleskop entdeckt, seine kleineren

Instrumente, selbst das berühmte 20fußige Teleskop haben ihn nicht gezeigt. John Herschel fand auch den Enceladus für das letztgenannte Teleskop sehr schwierig, obgleich er weit leichter zu sehen ist als der innerste. Im Jahre 1838 hat jedoch de Vico in Rom Mimas an einem Refraktor von 6 Zoll Öffnung wiedergesehen. Der Beobachter benutzte dabei den Kunstgriff, den Saturn selbst durch ein im Brennpunkte des Fernrohrs angebrachtes Plättchen zu verdecken, worauf beide innern Monde sogleich hervortraten, nachdem sie bis dahin von dem Hauptplaneten überglänzt worden waren. Im Jahre 1857 hat Kapitän Jakob zu Madras ebenfalls mit einem Refraktor von 6 Zoll Öffnung den Mimas beobachten können, während Lassell in seinen Riesenrefraktor denselben für ein äußerst schwieriges Objekt erklärt. Man kann daher vermuten, daß dieser Mond gelegentliche Helligkeitsschwankungen zeigt. Hyperion, der siebente in der Reihe der Saturnmonde, ist der lichtschwächste von allen und nur mit den mächtigsten Ferngläsern zu sehen.

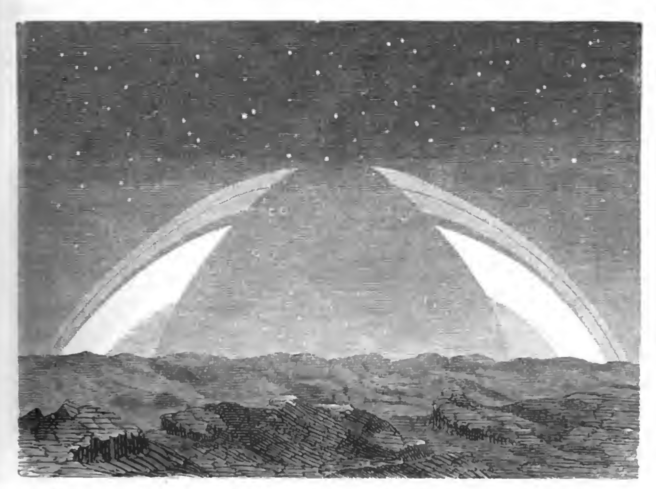


Vorübergang des Titan vor der Saturnscheibe am 1. Mai 1862.

Merkwürdig ist, daß die Abstände der Monde ein gewisses Gesetz zeigen. Sie lassen sich nämlich durch eine bestimmte Reihe nahezu darstellen, wobei der Halbmesser des Saturn die Einheit bildet.

Die Abweichungen sind nur beim siebenten Monde einigermaßen bedeutend, dessen Bahn überhaupt noch wenig erforscht ist. Das Gleiche gilt von dem achten Monde. Merkwürdig ist, daß die obige Reihe zwischen dem fünften und sechsten Monde noch einen Trabanten verlangt. Es ist nicht unmöglich, vielleicht sogar wahrscheinlich, daß hier auch wirklich ein Mond existiert, den man bis jetzt noch nicht aufgefunden hat. Überhaupt ist das Satellitensystem des Saturn, mit Ausnahme des Titan, noch sehr wenig erforscht. Man weiß indes, daß die Bahnen dieser Monde wenig von der Ebene des Ringes abweichen. Sie haben auch ihre Finsternisse und erzeugen solche für den Hauptplaneten, nur sind diese etwas seltener als in der Jupiterswelt, wegen der etwas größeren Bahnneigungen, und werden noch seltener wahrnehmbar, weil der Ring sie verdeckt. Auch eine Achsendrehung ist wenigstens an einem der Monde, dem achten, beobachtet worden. Seine regelmäßige Lichtschwächung, die fast bis zum völligen Verschwinden sich

steigert, in dem östlichen Teile seiner Bahn läßt mit Recht darauf schließen, daß dieser Mond uns abwechselnd eine glänzende und eine weniger glänzende Seite zuwendet, und die Abhängigkeit dieser Erscheinungen von dem Umlaufe des Mondes um den Saturn deutet wieder darauf hin, daß Rotationsdauer und Umlaufszeit genau miteinander zusammenfallen. Wir sehen, wie diese Eigentümlichkeit, der wir früher bei unserm eignen Monde begegneten, sich immer mehr zu einem allgemein für alle Satellitensysteme geltenden Gesetze gestaltet.



Ansicht des Ringsystems des Saturn, von letzterem unter 28° Breite gesehen, um Mitternacht zwischen den Äquinoktien und Solstitien Saturns.

Es gibt aber auch noch einige besondere Verhältnisse in diesem untergeordneten Gebiete der seltsamen Saturnswelt, die wohl geeignet sind, unsre Vorstellungen von ihrer Seltsamkeit noch zu erhöhen. Nirgends, mit Ausnahme des Mars, sehen wir einen Satelliten seinem Hauptkörper so nahe gerückt als hier. Während der Abstand unsres Mondes von der Erde fast 60 Erdhalbmesser beträgt, sehen wir hier einen Mond nur $3^1/_7$ Saturnhalbmesser von dem Mittelpunkte des Saturn entfernt, bis auf 18000 Meilen der Oberfläche des Planeten, bis auf 6900 Meilen den Grenzen der Ringe genähert und in nicht mehr als 22 St. 36 Min. 17 Sek. seinen Lauf um den Planeten vollendend. Ein Mond, der seinen ganzen Umlauf in weniger als einem ganzen Erdentage vollendet, ist gewiß keine der geringsten Merkwürdigkeiten des merkwürdigsten unter allen Planeten, welche das Firmament den Blicken des Menschen darbietet. Die übrigen Monde sind zwar in weiteren Abständen geordnet, und der letzte, der Japetus, steht ungefähr eine halbe Million Meilen vom Zentrum des Planeten und braucht 79 Tage 7 St. 54 Min., um seinen

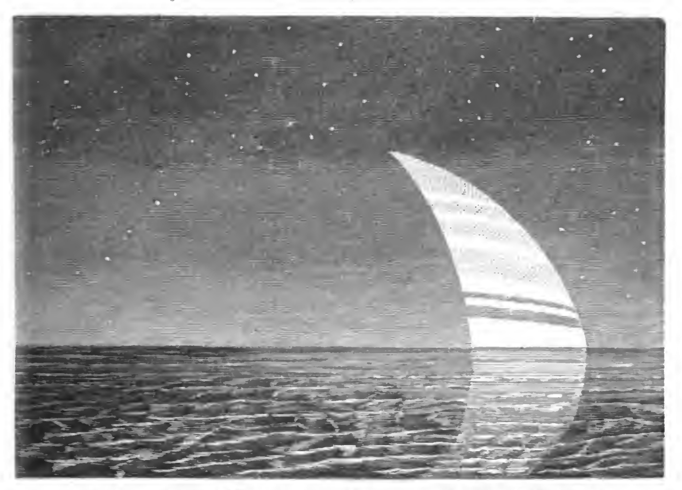
Umlauf zu vollenden. Aber auch hier tritt uns eine überraschende Thatsache entgegen, die bisher nur zu wenig beachtet worden ist. Unter den Garantien, welche man für den dauernden Bestand unsres Planetensystems aufführt, haben wir auch die vernommen, daß die Umlaufszeiten zweier Planeten niemals in einem rationalen Verhältnis stehen, d. h. niemals Vielfache voneinander sein dürfen. Die Folge eines solchen Verhältnisses würde nämlich sein, daß die Stellungen der Planeten zu einander in regelmäßigen Perioden wiederkehren, die störenden Wirkungen, die sie aufeinander ausüben, sich also nicht aufheben oder schwächen, sondern verdoppeln und vervielfachen müßten.



Ansicht des Ringsystems des Saturn, von letzterem unter 28° Breite gesehen, um Mitternacht zur Zeit der Solstitien Saturns.

So unbedeutend jede einzelne Störung auch wäre, im Laufe der Jahrhunderte würde sie durch diese Anhäufung eine so ungeheure Größe erlangen, daß sie das ganze System mit Vernichtung bedrohen würde. Im ganzen Planetensystem ist in der That kein einziges Verhältnis dieser Art anzutreffen; wo sich aber auch nur eine Annäherung dazu zeigt, wie zwischen Jupiter und Saturn, da treten auch bedeutende Störungsanhäufungen ein, die erst in langen Perioden eine Ausgleichung finden. Hier nun in dem Satellitensystem des Saturn scheint dieses gefährliche Verhältnis in auffallender Genauigkeit Geltung zu haben. Die Umlaufszeit des dritten Mondes ist doppelt so groß als die des ersten, und der vierte hat die doppelte Umlaufszeit des zweiten, und zwar in einer Genauigkeit, die sich bis auf $^1/_{800}$ der Periode erstreckt. Eine andre merkwürdige Periodizität in der Umlaufszeit wenigstens der vier innersten Saturnmonde ist später von Professor d'Arrest in Kopenhagen entdeckt worden. Es sind nämlich 494 Umläufe des ersten Saturnmondes

= 465 Tagen 18 Stunden, und genau ebenso lang sind 340 Umläufe des zweiten, 247 Umläufe des dritten und 170 Umläufe des vierten Saturnmondes. Wir können daraus verstehen, in welch erschreckendem Grade die gegenseitigen Störungen dieser Monde bisweilen anwachsen müssen, ja wir werden die Dauer des Systems in Frage gestellt sehen. Und doch ist vielleicht gerade in dieser eigentümlichen und einzig in den bekannten Räumen der Weltordnung dastehenden Einrichtung eine jener Bedingungen zu sehen, durch welche das schwankende Gebäude des Ringes erhalten wird, durch welche aber auch nach den jüngsten Untersuchungen von Dr. Wilhelm Meyer die Trennungen im Ringsystem hervorgerufen werden.



Ansicht einer Phase des Saturn von einem Punkte auf der Nachtseite des Ringsystems.

Ehe wir aus dieser Wunderwelt scheiden, sei es uns vergönnt, sie noch einmal in flüchtiger Wanderung zu durcheilen und uns an dem Anblick ihrer Himmelslandschaften zu ergötzen. Wir wollen unsre Wanderung von dem eisigen Pole der Saturnkugel selbst beginnen. An seinem dunklen, sternbedeckten Himmelsgewölbe erblicken wir nichts vom Ringe, nichts von einem der glänzenden Monde. Wandern wir aber weiter nach Süden hinab, so wird sich bald ein schmaler Lichtsaum am Horizonte zeigen, der allmählich zu einem glänzenden Bogen anwächst und endlich sich hoch zum Himmel erhebt. Jetzt stehen wir unter dem Äquator selbst. Es ist Sommer, und Tag und Nacht beleuchtet jetzt die Sonne die innere Kante des Ringes, die wie ein schmaler Lichtbogen durch den Zenith des Himmels von Ost nach West sich spannt. Eine Zeitlang verdeckt noch zur Nachtzeit der Schatten des Saturn ein Stück des Ringes, aber dieser Schatten wird immer kürzer

und um die Mitte des Sommers verschwindet er gänzlich. Ununterbrochen in reinem Glanze schwebt jetzt die Lichtbrücke über uns. An ihr hin wandeln Sonne, Sterne und Monde von allen Größen und in allen Lichtphasen, die der eine in je 22 Stunden durchläuft. Aber die Landschaft ändert sich; es ist Winter geworden. Fast plötzlich verdunkelt sich das ganze Ringsystem, und mit ihm verschwindet eine Reihe von Sternbildern am Himmel, die es verdeckt. Immer näher rücken die Tagbogen der Sonne dem Ringe; endlich verschwindet sie gänzlich hinter ihm. Eine große Sonnenfinsternis tritt ein, nur unterbrochen durch kurze Lichtblicke, wenn die Sonne durch die Zwischenräume der einzelnen Ringe durchscheint; 3740 Erdentage währt diese Winternacht, dann bricht die Sonne wieder hervor, und nicht lange mehr, so verkündet der blitzende Saum des Ringgewölbes das Nahen des Sommers.

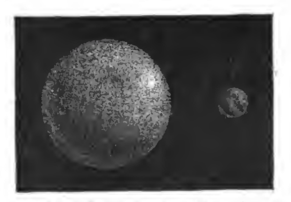
Wir verlassen diesen Ball und versetzen uns einen Augenblick auf das Ringgebilde selbst, auf seine innere Kante. Das großartigste Schauspiel unsres ganzen Planetensystems entfaltet sich vor uns. Über uns im Zenith glänzt die gewaltige Scheibe des Saturn, 20000 mal an Größe unsre Sonnenscheibe übertreffend und fast den achten Teil des Himmels bedeckend. Nur nach Nord und Süd ist unser Blick unbeschränkt. In Ost und West erhebt sich der Boden einem langgezogenen Gebirgsrücken gleich zum Himmel empor, über der Riesenscheibe zusammenschießend. In schnellem Wechsel sehen wir Tag und Nacht hinziehen über dieses wunderbare Gewölbe. Begeben wir uns jetzt auf eine der Seitenflächen des Ringes, und wieder werden wir das Schauspiel verändert finden. Als ungeheure glänzende Kuppel schwebt unverrückt die Halbkugel des Saturn am fernen Horizont.

Aber die Mannigfaltigkeit dieser wunderbaren Himmelsansichten ist noch immer nicht erschöpft. Auch auf den Monden müssen wir einen Augenblick weilen, um die seltene Pracht dieser Wunderwelt zu genießen. In überraschender Nähe können wir hier den Saturn mit seinen Ringen schauen, den Saturn in der Größe von 7000 Vollmonden, die Ringe fast den vierten Teil des Himmels umspannend, und dazu sieben prachtvolle Monde in allen Phasen und Größen von Riesenscheiben bis zu schimmernden Sternen herab. Was sind alle Reize einer irdischen Himmelslandschaft gegen einen Blick von solcher Sternwarte!

Man hat bisweilen behauptet, die Ringe des Saturn seien bestimmt, diesem Planeten einen Teil des Sonnenlichtes bei Nacht zu ersetzen. Schon aus dem Vorhergehenden erkennen wir jedoch, daß diese Meinung eine total unrichtige ist. Nicht nur ist der Schein, den der Ring dem Planeten gewährt, nur sehr gering, sondern er findet zudem auch dann statt, wenn er am wenigsten notwendig ist, nämlich in den kurzen Sommernächten. Zur Winterzeit hingegen raubt das Ringsystem dem Saturn einen beträchtlichen Teil des Sonnenlichtes und erzeugt Sonnenfinsternisse, die mehrere Erdenjahre hindurch dauern. Unter $23^1/_2$ Grad der Breite auf dem Saturn verursacht der Ring, daß während 10 Erdenjahren zur Winterzeit kein Strahl der Sonne sichtbar ist. Wenn daher der Ring einen speziellen Zweck hat, so ist es sicherlich nicht der, dem Saturn einen Ersatz für das schwache Sonnenlicht zu verschaffen, und während wir Menschen

von der Erde aus den Saturnring als eine Zierde des Planetensystems bewundern, würden wir, falls es möglich wäre, daß wir die Saturnkugel bewohnen könnten, alle Ursache haben, die Existenz dieses Ringes zu bedauern. Untersucht man, was Saturn seinen Ringen gewährt, so ergibt sich, daß er ihnen während ihres Sommers einen beträchtlichen Teil des Sonnenlichtes entzieht, dafür aber teilweise ihren Winter erleuchtet. Jede Seite des Ringes wird $14^7/_{10}$ Erdjahre hindurch gar nicht und während der andern Hälfte, die Saturnbeschattung ausgenommen, beständig von der Sonne erleuchtet. Während jener langen Nacht werden die Ringe in Perioden, die der Rotation gleich sind, vom Saturn erleuchtet. In der Mitte jeder Periode strahlt derselbe mit seiner ganzen Scheibe, im Maximum den achten Teil des ganzen Himmelsgewölbes erfüllend, aber in der Mitte durch den Schatten des Ringes in zwei Zonen geteilt. Die Phasen des Saturn, welche von den Ringen aus wahrgenommen werden, werden beim Abnehmen nicht bloß schmäler, sondern auch kürzer; sie enden und beginnen mit einem Lichtpunkte, nicht mit einer Sichel.

Indem wir abermals hinausschreiten in die Tiefen des Weltraumes, betreten wir wiederum ein historisches Feld, einen Schauplatz von Eroberungen und Siegen, die mit den Waffen des Geistes und der Wissenschaft errungen wurden. Der Himmel schien hier der Forschung die Wege zu versperren: da brach sie sich gewaltsam Bahn; das bewaffnete Auge schien nicht mehr durchdringen zu können: da rüstete sich der Geist, und die Thore des Himmels öffneten sich nun weit.



Uranus und Erde in ihrem Größenverhältnis.

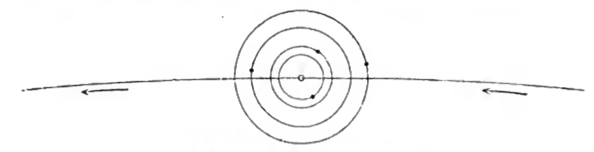
Da, wo man noch vor hundert Jahren dem Herrschergebiete unsrer Sonne Grenzen gesetzt meinte, 380 Millionen Meilen fern von der lichtspendenden Sonne, die nur noch als kleine Scheibe, kaum dreimal so groß, als uns die Venusscheibe in ihrem höchsten Glanze erscheint, aus der nächtlichen Tiefe des Himmels hervorblitzt; da, wo auch kein Schimmer mehr die Richtung verrät, in welcher wir die verlassene Erde zu suchen haben, wo Jupiter und Saturn noch die einzigen Planeten sind, die den Himmel schmücken, und auch sie nur als Morgen- und Abendsterne im Licht der Sonne wandeln: da gewahren wir jetzt eine neue Welt, und wiederum nicht eine einzelne, sondern ein ganzes System von Welten. Hier wandelt Uranus mit seinen 4 Trabanten seinen weiten, einsamen Weg um die Sonne, den zu vollenden er 84 unsrer Erdenjahre 5 Tage 19 St. 41 Min. 36 Sek. gebraucht. An Größe vermag er sich freilich nicht mit seinen stolzen Nachbarn zu messen, aber immer noch mißt sein Durchmesser 7500 Meilen, also mehr als das vierfache unsres Erddurchmessers, und noch übertrifft er an Körperinhalt 87mal unsre Erde, und seine Masse vermöchte 16 unsrer Erden aufzuwiegen.

William Herschel war es, der diese neue Welt unsrer Kenntnis des Himmels zuführte. Es war am 13. März 1781 zwischen 10 und 11 Uhr abends, als der

damals außerhalb der Grenze Englands noch nicht bekannte große Astronom bei der Untersuchung einer kleinen Sterngruppe in den Zwillingen zufällig einen Stern bemerkte, der ihm einen ungewöhnlichen Durchmesser zu haben schien und im auffallenden Widerspruch mit dem Benehmen eines echten Fixsternes mit der zunehmenden Vergrößerung an Helligkeit verlor. Er glaubte anfangs einen neuen Kometen entdeckt zu haben, und die Beobachtung einer Ortsveränderung bestärkte ihn darin, wiewohl er von einem Schweife keine Spur entdeckte. Die Fernrohre aller beobachtenden Astronomen, die Federn aller rechnenden setzten sich auf die Kunde von dieser Entdeckung in Bewegung. Aber der vermeintliche Komet bewegte sich außerordentlich langsam; die Rechnung schritt ebenso langsam vor, und die Beobachtungen gerieten in einen ernsten Widerstreit mit den auf die Annahme einer weit ausgeschweiften kometenähnlichen Bahn gegründeten Berechnungen. Man sah sich endlich genötigt, die Idee einer parabolischen Bahn zu verlassen und in einer kreisförmigen Bahn den Weg des neuen Gestirns zu suchen; und ehe noch die verdienten Arbeiten französischer, deutscher und russischer Astronomen den Beweis geliefert, wußte ganz Europa, daß unser Sonnensystem um einen neuen fernen Planeten reicher geworden war.

Daß man über die Gestalt und Naturbeschaffenheit eines so fernen, uns selten über 4 Sekunden im Durchmesser erscheinenden Weltkörpers nur geringe Aufschlüsse zu erlangen vermocht hat, ist wohl erklärlich. Von seiner Rotation besitzen wir noch keine Kunde, und seine Abplattung, die von Mädler auf $^1/_{10}$ geschätzt wird, ist noch Gegenstand erheblicher Zweifel. Nur seine Monde haben dafür gesorgt, daß es uns auch in dieser Welt nicht an einer Seltsamkeit fehlt, wie sie die Nachbarschaft eines Saturn fast erwarten läßt. Zunächst muß ich bemerken, daß diese Monde wegen ihrer ungemeinen Lichtschwäche zu den schwierigsten Gegenständen am Himmel gehören. Der ältere Herschel, welcher uns zuerst mit ihrem Dasein bekannt machte, hat sie nur bei der vollkommensten Einrichtung seiner besten Teleskope wahrzunehmen vermocht, und selbst unter diesen Verhältnissen konnte er weder ihre Anzahl noch ihre Umlaufszeit sicher ermitteln. Nur bei dem nach unsrer heutigen Bezeichnungsweise 3. und 4. Uranusmonde kam William Herschel zu sicheren Ergebnissen und fand eine Eigentümlichkeit, die einzig im ganzen Planetensysteme dasteht und mancher geistvollen Theorie über den Ursprung und die Bildungsgeschichte dieser Welten einen empfindlichen Stoß versetzt. Während nämlich sonst alle Planeten und Satelliten sich von West nach Ost bewegen und ihre Bahnen nur unbedeutende Neigungen gegen die Ebene der Ekliptik zeigen, sehen wir die Monde des Uranus in rückläufiger Bewegung von Ost nach West den Planeten umkreisen in Bahnen, die fast senkrecht, mindestens unter Winkeln von 79° auf der Ekliptik stehen. Besteht nun, wie man doch allen Grund hat anzunehmen, ein Zusammenhang zwischen den Bahnebenen der Satelliten und der Rotation des Hauptplaneten, bezeichnen also auch hier wie beim Jupiter und Saturn die Satellitenbahnen nahezu die Lage des Äquators des Planeten, so folgt daraus die seltsame Forderung, die Rotationsachse des Uranus fast in die Ebene der

Ekliptik gelegt zu denken. Die Folgen einer solchen Stellung müssen für das physische Leben dieses Weltkörpers von ganz wunderbarer Art sein. Jeder Punkt seiner Oberfläche würde im Verlaufe des langen Uranusjahres wenigstens einmal die Sonne im Zenith sehen. Der Unterschied von Jahres- und Tageszeiten würde fast auf dem ganzen Planeten wegfallen, überall fast einem 42jährigen Tage eine 42jährige Nacht folgen. Auch der Unterschied von Klimaten würde damit schwinden, denn der Pol würde dieselbe Wärmemenge von der Sonne empfangen wie der Äquator. Auch für die Monde würde sich ein ganz eigentümliches Verhältnis des Lichtwechsels ergeben. Zur Zeit, wo der Uranuspol der Sonne zugekehrt ist, würde jeder der Monde als Halbmond leuchten, aber ohne irgend eine Ab- oder Zunahme dieser Phase jahrelang bemerken zu lassen, und Neu- und Vollmonde würden nur eintreten können, wenn die Sonne senkrecht über dem Äquator steht, also nicht öfter als nach je 42 Erdenjahren.



Bahnsystem der Uranus-Trabanten.

Wir sehen also, wie wenig ein tieferes Eindringen in den Bau unsres Planetensystems den Gedanken an Eintönigkeit und Gleichförmigkeit aufkommen läßt, und wie wenig wir für die Naturverhältnisse der Ferne mit einem Maßstabe ausreichen, den wir von der Erde entlehnen. Ich habe im Vorhergehenden bemerkt, daß der ältere Herschel beim 3. und 4. Uranustrabanten allein nur zu sicheren Resultaten zu gelangen vermochte. Er hat außer diesen noch 4 andre Monde wahrzunehmen geglaubt, allein diese Wahrnehmungen waren Täuschungen und bezogen sich wahrscheinlich auf kleine Fixsterne, die sich zufällig in der Nähe des Uranus befanden. Erst Lassell gelang es, in seinem Riesenteleskope auf Malta zwei weitere Uranusmonde zu entdecken, die dem Planeten weit näher stehen als Herschels Satelliten. Dasselbe Ergebnis hat auch die Untersuchung mittels des 26zölligen Riesenrefraktors in Washington geliefert. Die lichtschwachen Uranusmonde boten gerade ein geeignetes Objekt für dieses wundervolle Instrument, und Professor Newcomb in Washington hat nach Aufstellung desselben nicht gezögert, die Kraft seines Riesenrefraktors an jenen fernen Monden zu erproben. Sie wurden sofort und mit Leichtigkeit gesehen. Was dies sagen will, können wir daraus entnehmen, daß der ältere Herschel selbst mit seinem vierzigfußigen Riesenteleskope von den beiden inneren Uranusmonden nie auch nur eine Spur zu sehen vermochte. Professor Newcomb schreibt daher die erste Auffindung dieser zwei Monde mit Recht Lassell zu, ja er bemerkt, daß außer dem Spiegelteleskope dieses ausgezeichneten Beobachters und seinem 26zölligen Refraktor noch kein andres Instrument

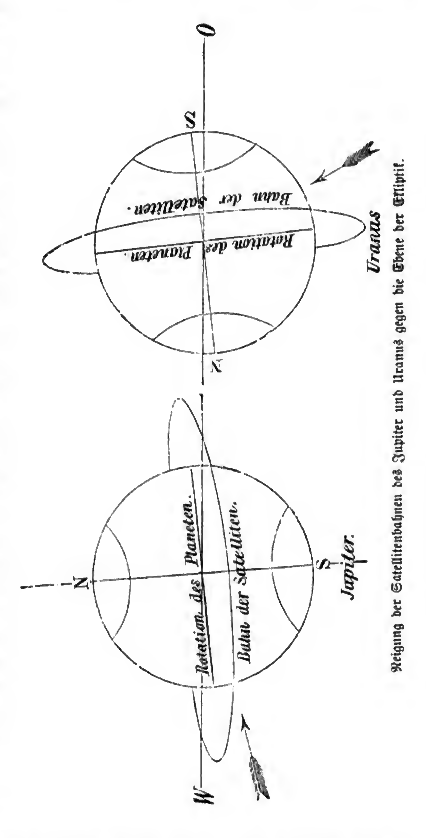
die sämtlichen Uranusmonde gezeigt habe. Die äußeren Trabanten dieses Planeten erschienen im Riesenrefraktor zu Washington von der gleichen Helligkeit wie Sterne vierter Größe dem bloßen Auge. Wir können uns hiernach ein Bild von der ungeheuern optischen Kraft dieses Wunderwerkes der modernen Optik machen. Von besonderen Helligkeitsschwankungen dieser Monde, analog denjenigen, welche wir bei den Trabanten des Jupiter und Saturn fanden, berichtet Professor Newcomb nichts. Auch meßbare Durchmesser haben die in Rede stehenden Monde bei den zu den Distanzbestimmungen angewandten Vergrößerungen nicht gezeigt. Beiläufig bemerkt, ist Professor Newcomb der Ansicht, daß außer diesen vier Trabanten andre Monde des Uranus, die noch mit unsern besten heutigen Instrumenten erkannt werden könnten, aller Wahrscheinlichkeit nach nicht existieren. Zu der gleichen Ansicht war bereits früher Lassell gelangt, der unter dem heiteren Himmel Maltas in seinem großen Reflektor die vier Trabanten des Uranus bisweilen selbst bei vollem Mondschein sah. Lassell hat den Uranusmonden folgende Benennungen gegeben: Ariel, Umbriel, Titania und Oberon. Die schon früher erwähnten, von dem älteren Herschel entdeckten Monde sind Titania und Oberon.


Neptun und Erde in ihrem Größenverhältnis.

Aber die Zahl der Welten ist noch nicht erschöpft. Noch einmal rufe ich den Leser auf zu einem mächtigen Fluge, noch einmal wollen wir 200 Millionen Meilen in den Raum vordringen. Dort, wo das Licht der Sonne nur noch in tausendfacher Schwächung leuchtet, auch dorthin hat die Wissenschaft ihr Licht ergossen. Wir betreten die Stätte einer der erhabensten und glänzendsten Thaten aller Jahrhunderte, eine Stätte, die geheiligt ist durch einen der stolzesten Triumphe menschlichen Denkens.

Die Welt, zu der ich den Leser führe, ist noch dunkel im Vergleich zu denen, die wir verlassen, d. h. dunkel im Sinne der Strahlen der Forschung, die sie beleuchten. Als Stern achter Größe dem unbewaffneten Auge des irdischen Beobachters nicht sichtbar, zeigt sich der Neptun — denn das ist die neue Welt — selbst im vergrößernden Fernrohr nur klein, nämlich als eine Scheibe von 2,7 Sek. im Durchmesser. Dieser scheinbaren Größe entspricht eine wirkliche, die etwa $4\,^1/_2$ mal unsre Erde an Durchmesser und 90 mal an Rauminhalt übertrifft. In betreff seiner Masse schwankten die Angaben geraume Zeit zwischen $^1/_{14400}$ und $^1/_{21000}$ der Sonnenmasse, so daß er etwa 18 mal unsre Erde aufwiegen würde. Seine Dichtigkeit ist danach ungefähr $^2/_9$ der Dichtigkeit der Erde gleich und $1\,^1/_4$ im Verhältnis zur Dichtigkeit des Wassers. Neuere Untersuchungen von Professor Newcomb ergeben als wahrscheinlichsten Wert der Neptunmasse $^1/_{19380}$ der Masse unsrer Sonne. In 164 Jahren 285 Tagen vollendet er seinen Weg um die Sonne, und auf dieser weiten Reise begleitet ihn ein Mond. Lassell in Liverpool entdeckte ihn mit Hilfe seines großen 20 fußigen Reflektors im August 1847, und Struve

in Pulkowa und Bond in Cambridge bestätigten diese Entdeckung. Drei Jahre später glaubte Lassell bei 628maliger Vergrößerung einen zweiten Neptunstrabanten aufgefunden zu haben, ohne daß er indes bis jetzt eine ähnliche Bestätigung erhalten hätte. Auch Newcomb, der den Neptun neuerdings sehr eifrig beobachtete, spricht sich gegen die Existenz eines zweiten Neptuntrabanten aus. Der von Lassell entdeckte Mond ist übrigens weit heller als die Uranusmonde, bewegt sich aber wie diese rückläufig. Der Neptun selbst zeigt eine düstere, einförmige Scheibe, auf der man keinerlei Detail zu unterscheiden vermag, doch glauben einige neuere Beobachter, welche den Planet mit sehr großen Instrumenten untersucht haben, daß sein Rand nicht scharf, sondern etwas nebelig oder verwaschen erscheine. Die Zukunft muß hierüber entscheiden. Es ist hiernach klar, daß wir auch über die Rotationsdauer und die Lage der Achse dieses fernsten bekannten Planeten gegenwärtig nichts wissen. Aber auf etwas andres möchte ich noch aufmerksam machen. Der Planet Neptun erscheint von der Erde aus gesehen als Stern achter Größe, wenn aber seine lichtreflektierende Kraft nicht größer wäre als diejenige unsrer Erde, so könnte er höchstens nur als Stern elfter bis zwölfter Größe auftreten. Es wird hiernach wahrscheinlich, daß auch Neptun gegenwärtig noch heißflüssig und von einer wolkigen Hülle umgeben ist. Dies bestätigt auch die Spektralanalyse, indem das Spektrum dieses Planeten, ebenso wie dasjenige des Uranus, eine Reihe von breiten, dunklen Absorptionsstreifen zeigt.



Neigung der Satellitenbahnen des Jupiter und Uranus gegen die Ebene der Ekliptik.

Nicht diese Mitteilungen aber, zu denen ich kaum noch etwas Bestimmteres hinzuzufügen wüßte, sind es, für welche ich hier an diesem wichtigen Marksteine unsrer Wanderung die Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen will. Die Geschichte der großen Geistesthat, welche zuerst das Auge auf diese ferne Welt lenkte, soll die kurze Zeit ausfüllen, die wir uns zur Rast von unserm anstrengenden Fluge gönnen.

Vierzig Jahre waren seit der Entdeckung des Uranus verflossen, und der neue Planet hatte auch in den Jahrbüchern der Astronomie seinen ihm zukommenden Platz eingenommen. Man begann allgemach daran zu denken, auch für ihn Tafeln zu entwerfen, wie sie für die übrigen Planeten längst vorhanden waren, die seine Bewegung genau darstellen sollten. An Beobachtungen fehlte es nicht; es war ja sogar namentlich durch Bodes Bemühungen geglückt, ältere unbewußte Beobachtungen desselben Planeten bis in das Jahr 1690 zurück zu verfolgen. Die Beobachtungen umfaßten also auch einen hinreichend großen Zeitraum, so daß man nicht gerade erhebliche Fehler zu fürchten glaubte. Die Berechnung dieser Tafeln schien selbst einen so unermüdlichen Rechner wie Bouvard ermüden zu wollen. Aber es schien unmöglich, eine Übereinstimmung zwischen den älteren und den neueren Beobachtungen herzustellen; die Tafeln entsprachen entweder den einen oder den andern nicht. Ja, diese Berechnung nahm immer mehr den Charakter einer wahren Sisyphusarbeit an. Kaum waren die Tafeln einige Jahre im Gebrauch, so waren sie schon wieder veraltet, und mit jedem Jahre wuchsen die Abweichungen. Solche Schwierigkeiten konnten aber nur dazu dienen, den Scharfsinn der Astronomen herauszufordern. Wenn auch einzelne noch wagten, die Gültigkeit des Newtonschen Gravitationsgesetzes in jenen der Sonne so fernen Regionen in Zweifel zu ziehen, so erwachte in andern um so lebendiger der Gedanke an das Dasein einer unbekannten störenden Kraft. Immer klarer und bewußter gestaltete sich diese Ahnung eines fernen neuen Planeten, immer allgemeiner bemächtigte sie sich aller Astronomen. Damit stellte sich der berechnenden Astronomie eine bestimmte Aufgabe. Es galt die Umkehrung des bisherigen Problems der Störungen. Es galt nicht mehr die Größe der Störungen aus der Kenntnis der Bewegungen des störenden Körpers zu ermitteln, sondern umgekehrt die Bahn und Bewegung eines störenden Körpers aus den bekannten Abweichungen der beobachteten Stellungen des Uranus von den unter alleiniger Berücksichtigung der Saturn- und Jupiterstörungen durch Rechnung erhaltenen abzuleiten. Wer diesen kühnen Gedanken, aus so kleinen Abweichungen den Ort eines unbekannten Planeten am Himmel zu berechnen, zuerst gehabt, läßt sich nicht mehr entscheiden. Bouvard äußerte ihn bereits im Jahre 1834, und Bessel sprach ihn in einem Briefe an Humboldt vom 8. Mai 1840 in sehr bestimmter Gestalt aus. „Ich bin zu der Überzeugung gekommen“, schrieb er, „daß die vorhandene Theorie oder vielmehr ihre Anwendung auf das in unsrer Kenntnis vorhandene Sonnensystem nicht hinreicht, das Rätsel des Uranus zu lösen. Ich meine aber, daß eine Zeit kommen werde, wo man die Auflösung des Rätsels vielleicht in einem neuen Planeten finden wird, dessen Elemente in ihren Wirkungen auf den Uranus erkannt und durch die auf

den Saturn bestätigt werden könnten. Daß diese Zeit schon vorhanden sei, bin ich weit entfernt zu behaupten; allein versuchen werde ich jetzt, wie weit die vorhandenen Thatsachen führen können. Es ist dies eine Arbeit, die mich seit so vielen Jahren begleitet, und um deren willen ich so viele verschiedene Ansichten verfolgt habe, daß ihr Ende mich vorzüglich reizt und daher sobald als irgend möglich herbeigeführt werden wird." Aber Bessel sollte dieses Ende nicht erleben. Mitten in seinen geistvollen Arbeiten überraschte ihn jene verhängnisvolle Krankheit, die seinem Leben bereits im Jahre 1845 ein Ende machte.

Das große Problem war jetzt öffentlich aufgestellt, die Göttinger Sozietät der Wissenschaften hatte es sogar im Jahre 1844 zum Gegenstande einer Preisaufgabe gemacht. Da übernahm, von Arago aufgefordert, ein junger, damals noch fast ganz unbekannter Mann, dessen Name aber bald über den ganzen Erdkreis erschallen sollte, diese Arbeit. Urban Jean Joseph Leverrier, den Arago auf das Problem aufmerksam machte, war geboren am 11. März 1811 zu Saint-Lô im Departement la Manche. In seinen Jünglingsjahren besuchte er die polytechnische Schule zu Caen, wo er aber so wenig besondere Fähigkeiten entwickelte, daß er vielmehr im Examen durchfiel. Aber die Zeugnisse der Lehrer haben nicht immer entscheidenden Wert, wenn es sich um die Frage nach dem wirklichen Talent eines Schülers handelt. Leverrier wandte sich nach Paris und besuchte die nach Ludwig XIV. benannte Schule, dann die Pariser polytechnische Schule und ward darauf als Ingenieur bei der Tabaksregie angestellt. Das war freilich kein Posten für einen Mann, der berufen war, einer der ersten Astronomen der Gegenwart zu sein. In der That verließ Leverrier seine Tabaksstellung sehr bald und wurde Lehrer am Collége Stanislas. In dieser Stellung forderte Arago ihn auf, sich mit rechnender Astronomie zu beschäftigen, und Leverrier lieferte infolgedessen zuerst eine Berechnung des Merkurdurchganges von 1845, sowie eine Arbeit über die Bahn des Fayeschen Kometen. Jetzt lenkte Arago seine Aufmerksamkeit auf die Bewegung des Uranus, und Leverrier begann eine dahin zielende Untersuchung der vorhandenen Beobachtungen. Noch einmal prüfte er die vorhandenen Uranustafeln, noch einmal versuchte er es, durch Verbesserung von Fehlern, durch Einführung neuer, richtigerer Elemente die älteren und neueren Beobachtungen in Einklang zu bringen. Vergeblich; alles wies unleugbar auf eine unbekannte störende Kraft hin. Jetzt zögerte er nicht länger, den unbekannten Planeten selbst aufzusuchen. Er bestimmte unter der Voraussetzung, daß der neue Planet sich in der Ebene der Erdbahn und etwa im doppelten Abstande des Uranus von der Sonne befinde, den Ort dieses Planeten am Himmel. Die Voraussetzungen waren roh, aber sie waren durch die Analogie andrer Planeten und durch das sogenannte Bodesche Gesetz gerechtfertigt; sie mußten wenigstens eine annähernde Lösung des Problems herbeiführen. Die Resultate entsprachen den Erwartungen, die Widersprüche zwischen den Beobachtungen begannen sich zu verringern. Noch einmal legte Leverrier die verbessernde Hand an seine Rechnungen. Dann trat er am 31. August 1846 in die Sitzung der Pariser Akademie und verkündete mit der

Zuversicht eines Propheten den Ort des unbekannten Gestirns am Himmel, die Elemente seiner Bahn, sogar seine Masse und scheinbare Größe. Das ist der Tag der theoretischen Entdeckung dieses Planeten. Seine Existenz war bewiesen, und wenn er auch noch lange, ja vielleicht für immer, seiner Lichtschwäche wegen den Blicken des beobachtenden Astronomen verborgen blieb, für den rechnenden Verstand stand er auch unsichtbar am Himmel, er war gezwungen, ihn fortan in den Kreis seiner Betrachtungen zu ziehen.

Aber Leverrier versäumte auch nichts, den unsichtbaren Gegenstand seiner Entdeckung ans Licht zu ziehen. Die günstigste Zeit seiner Sichtbarkeit war gekommen; noch im Laufe des Jahres mußte er gefunden werden, ehe er sich wieder in den Strahlen der Sonne verbergen konnte. Ohne den Erfolg der in Paris bereits begonnenen Nachforschungen abzuwarten, wandte er sich auch an Galle in Berlin mit der Aufforderung, den Planeten zu suchen. Wir wissen, welchen Anteil die von Bessel angeregten und von der Berliner Akademie herausgegebenen Sternkarten in den letzten Jahrzehnten an der Entdeckung der kleinen Planetoiden gehabt haben. Hier aber feierten sie ihren glänzendsten Triumph. Diejenige Karte, welche die Gegend des Himmels, in welcher der neue Planet sich zeigen sollte, enthielt — es war die Gegend des Steinbocks — war so eben von Bremiker vollendet. Noch an demselben Tage, an welchem Galle den Brief Leverriers erhielt — es war am 23. September 1846 — verglich er den Himmel mit der Karte, und noch an demselben Abend fand er den gesuchten und verkündigten neuen Planeten nur 1° von dem ihm von Leverrier angewiesenen Orte.

Noch nie hat eine Wissenschaft einen so glänzenden Triumph errungen, wie er der Astronomie hier zu teil ward. Leverrier hat, wie Arago sagt, das neue Gestirn wahrgenommen, ohne auch nur einen Blick nach dem Himmel zu richten; er hat es mit der Spitze seiner Feder gesehen. Durch die bloße Macht der Rechnung hat er annäherungsweise den Ort und die Größe eines Körpers bestimmt, der um vieles jenseits der damals bekannten Grenzen unsres Sonnensystems liegt, der weiter als 600 Millionen Meilen von der Sonne absteht und auch in unsern mächtigsten Fernröhren kaum eine wirkliche Scheibe zeigt. Es verringert das Verdienst dieser Entdeckung keineswegs, daß die Elemente, auf welche die Rechnung sich gestützt hatte, nicht auch in Zukunft für die Bahn des gefundenen Planeten eine Geltung behaupten konnten. Es schmälert den Ruhm der Entdeckung nicht, daß auch der Zufall seine Hand dabei im Spiele hatte, daß trotz der von der Wahrheit ziemlich weit entfernten Elemente, die der Rechnung zu Grunde gelegt waren, doch der von Leverrier angegebene Ort des neuen Planeten mit der Wirklichkeit in so staunenerregender Weise übereinstimmte. Die von Leverrier angegebene Bahn des Planeten weicht allerdings von der nachträglich auf Grund direkter Beobachtungen desselben berechneten so bedeutend ab, daß sie für einige Jahre früher oder später den Ort des Neptun nicht so genau gegeben haben würde, als es für die Zeit der Auffindung durch Galle der Fall war. Indes hat Leverrier später nachgewiesen, daß die Abweichungen seiner Rechnung von der Wirklichkeit

hauptsächlich in der ungenügenden Kenntnis der Massen des Uranus und Saturn zu suchen sind.

Aber keine Krone wird auch in der Wissenschaft unbestritten erlangt. Kein großes Ziel stellt sich hier dar, auf das nicht gleichzeitig die Bestrebungen vieler sich richteten, und keine Wissenschaft entfaltet den Reichtum ihrer Mittel, ohne daß oft gleichzeitig viele Hände danach griffen, sich daraus Waffen zu schmieden für geistige Eroberungen.

Jener anregende Gedanke eines unbekannten fernen Weltkörpers und seine Berechnung aus seinen störenden Wirkungen war, wie wir wissen, mit innerer Notwendigkeit auf dem Boden der astronomischen Forschung selbst erwachsen, er war lange vor Leverriers Entdeckung ein Gemeingut aller Astronomen. Die Mathematik hatte eine so glänzende Höhe erreicht, daß auch andre als Leverrier mit ihrer Hilfe jenes große Problem für lösbar halten und seine Lösung versuchen konnten. So war es denn in der That ein junger englischer Mathematiker vom Johns College in Cambridge, Adams, der bereits im Jahre 1843 dieselbe Aufgabe zu bearbeiten begann. Schon im September 1845 gelangte er zu ähnlichen Resultaten, wie fast ein Jahr später Leverrier. Aber ein unglückliches Geschick waltete über seinen Arbeiten. Airy in Greenwich und Challis in Cambridge, denen er seine Resultate mitteilte, ohne freilich zugleich den Weg, auf dem sie erlangt waren, anzudeuten, schenkten diesen wenig Vertrauen, und die zur Aufsuchung des neuen Gestirns günstige Zeit des Jahres verstrich unbenutzt. Erst als im Juni des folgenden Jahres die erste Berechnung Leverriers bekannt wurde, erregte die auffallende Übereinstimmung dieser Resultate mit den von Adams gefundenen die Aufmerksamkeit der englischen Astronomen. Man begann nun in Cambridge Nachforschungen anzustellen, aber wie es scheint, abermals lässig und mit geringem Vertrauen auf Erfolg. Erst später fand Challis, daß er zweimal bereits im August den neuen Planeten beobachtet hatte, ohne zu wissen, daß er es sei. So ward dem jungen englischen Berechner die Palme des Sieges durch Leverrier entrissen, teils weil er es versäumt hatte, seinem Gedanken auch die That der Entdeckung folgen zu lassen, teils durch die Schuld der englischen Astronomen, bei denen das kühne Unternehmen keine Unterstützung fand. Adams selbst hat in edler Bescheidenheit auf jeden Anteil an dem Ruhme des Entdeckers verzichtet; aber seine Landsleute haben lange Zeit in erbittertem Kampfe versucht, ihm und der Nation wenigstens einen Teil der Ehre zu sichern. Leverrier hat den vollen Preis erlangt auf Grund jenes Rechtes, das in der Geschichte der Wissenschaften alleinige Geltung hat, daß es keinen andern Anspruch auf eine Entdeckung gibt, als den durch die Veröffentlichung erlangten.

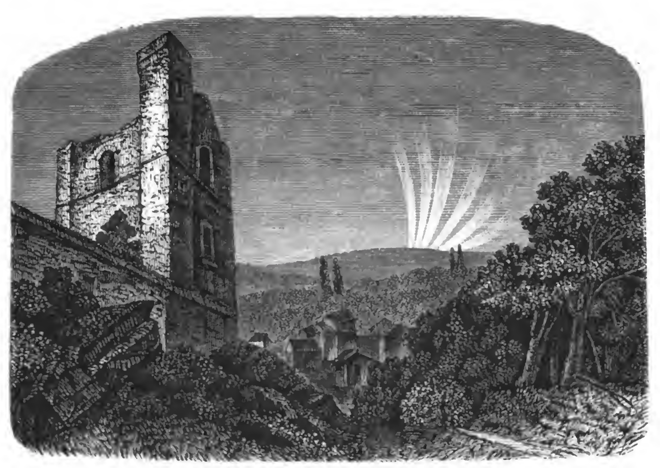
In jenem Streite über den Anspruch auf die erste Verkündigung des neuen Planeten verflocht sich auch der Streit über seinen Namen. Es unterlag keinem Zweifel, daß Leverrier das Recht zur Erteilung des Namens besaß, und er sprach sich in der That für die Annahme der Benennung Neptun aus. Später jedoch widerrief er diesen Wunsch und trat sein Recht, jenen Körper zu taufen, in echt

französischer, selbstsüchtiger Galanterie seinem berühmten Lehrer Arago ab. Dieser hatte natürlich nichts Eiligeres zu thun, als das Kompliment seines Schülers zu erwidern und zu entscheiden, daß der neue Planet nach seinem Entdecker Leverrier getauft werden solle!

Hiergegen erhoben sich indes Stimmen in Deutschland und England, die mit Recht den Namen Neptun als zweckmäßiger erkannten. Leverrier selbst verhielt sich, obgleich er am besten und schnellsten den Ausschlag hätte geben können, zu der Entscheidung dieser Frage passiv. Endlich, nachdem der Name Neptun im Berliner Jahrbuch provisorisch für einige Jahre angenommen war, entschied man sich, denselben allgemein anzunehmen.

Wir stehen an den Grenzen der uns bekannten planetarischen Welt. Ob es einst gelingen werde, diese Grenzen weiter hinauszurücken, wer will es entscheiden! Vielleicht läßt auch der Neptun einst im Laufe der Beobachtungen Abweichungen erkennen, die auf einen unbekannten störenden Weltkörper hindeuten. Bis jetzt ist dieses nicht der Fall, denn aus den genauen Untersuchungen, welche Newcomb über die Bewegung des Neptun angestellt hat, ergibt sich, daß bis jetzt keine Notwendigkeit vorliegt, einen jenseit des Neptun befindlichen Planeten anzunehmen.

Hier, an den Grenzen unsrer Heimat, wollen wir noch einen flüchtigen Blick rückwärts werfen auf die verlassenen Welten! Mars, Venus, Erde sind längst erloschen; nur mit Mühe erkennt noch das Auge den Jupiter, Saturn und selbst den nahen Uranus als unbedeutende, kaum sichtbare Lichtpünktchen. Ein blendend weißer Stern ist die Sonne und nur schwache Dämmerung ihr uns sonst so überreich quellendes Licht. Wir wenden uns ab von dieser Öde, vorwärts dem Sternhimmel zu. Hier, meinen wir, werden sich neue Wunder den entzückten Blicken entfalten. Sehen wir hin! derselbe Sternhimmel, den wir von der Erde her kennen, breitet sich auch hier über uns aus; dieselben Sternbilder, die wir dort alltäglich über unsrem Haupte hinziehen sahen, wandeln unverändert an uns vorüber! Die ungeheure Entfernung von der Erde bis zum Neptun hat nichts in der Stellung der Fixsterne verschoben, sie war nur ein Schritt gegen die endlose Ferne der Welten. Vier volle Stunden gebrauchte das Licht, um von der Erde hierher zu gelangen, aber drei volle Jahre würden selbst für den eilenden Lichtstrahl erforderlich sein, ehe er die nächste jener Welten erreichte! Der Lichtstrahl versagt uns den Dienst; so wollen wir denn den Gedanken beschwingen, daß er uns in neue Fernen hinaustrage!



Der Komet von 1644 im Untergang.

Siebentes Kapitel.

Die Kometen.

Ihr tretet nächtlich in der Jahre Lauf
Den Sternenhimmel überbietend auf,
So daß ein Herz, auch an Natur gewöhnt,
Nach eurem Kreis, dem leuchtenden, sich sehnt.

Eine reiche Mannigfaltigkeit im Gebiete unsres Sonnensystems habe ich bereits vor dem Leser entrollt, aber noch kennen wir bei weitem nur den kleinsten Teil der Wunder, die diesen weiten Raum erfüllen. Ich habe den Leser ja bisher auf der breiten Heerstraße geführt, die gleichsam von Planet zu Planet die Sonne mit den Grenzen ihrer Herrschaft verknüpft. Wir werden doch nicht glauben, daß dieser schmale Raum am Wege allein von Welten bevölkert sei? Wir werden doch nicht glauben, daß die Natur uns einen ähnlichen Streich gespielt habe, wie einst jene Günstlinge und Schmeichler der Kaiserin Katharina von Rußland auf ihrer Reise nach der Krim, die aus weiter Ferne Bauern zusammengetrieben hatten und eine Koulissenkultur längs der Straße errichteten, die hinter der Reisenden wieder in Nichts zerfloß? Der Weltraum ist bevölkerter als die Südrussischen Steppen jemals waren oder sein werden. Ich möchte den Leser daher zu Kreuz- und Querflügen durch diesen ungeheuren Raum veranlassen, weit hinaus über den schmalen Gürtel des Tierkreises, der die Planeten umfaßt, aber auch weit hinaus über die Grenzen der Neptunsbahn, so weit als nur immer der Herrscherarm unsrer Sonne reicht. Wir sehen, daß ich recht hatte, zu solchen Streifzügen den Gedanken zu beschwingen.

Abseits von der großen Heerstraße wandelt ein zahlreiches, seltsames Volk, regellos zerstreut, mannigfaltig in Gestalten und Größe, flüchtig in seinem innersten Wesen, launenhaft bald in bedenkliche Nähe zur Sonne sich wagend, bald trotzig in endlose Fernen hinausschweifend. In das Gebiet der Kometenwelt wollen wir uns begeben und im Geiste die merkwürdigsten dieser Schweifsterne an uns vorbeiziehen sehen. Da kommt schon der stolze Komet des vorigen Jahres heran, dort wandelt ehrbar der Halleysche, wie sich brüstend mit dem Ruhm, den er einem der größten Astronomen des vorigen Jahrhunderts eintrug; da zeigen sich auch jene kleinen Kometen Enckes, Fayes und die Trümmer des Bielaschen &c., die in ihren eng begrenzten rundlichen Bahnen sich das Ansehen zu geben scheinen, als wollten sie es den Planetoiden nachmachen; als bildeten sie sich ein, Planeten werden zu können. Fürchten wir uns nur nicht! Es sind keine Gespenster, keine flammenden Schwerter oder Lanzen oder drohende Zuchtruten, wie man noch vor ein paar Jahrhunderten glauben konnte, so wenig als es bloße Meteore unsrer Atmosphäre nach der Ansicht eines Aristoteles sind. Es sind wirkliche Weltkörper, gesetzliche Glieder unsres Sonnensystems, die in geregelten Bahnen durch jene Räume sich dahin bewegen, die von den Planeten leer gelassen werden.

Nicht ohne Grund habe ich dem Leser gerade an die Grenzen des uns bekannten Sonnensystems geführt, um von hier aus ihm den Blick auf die Kometenwelt zu eröffnen. Denn noch ist kaum ein Jahrhundert verflossen, seit der seltsame Gedanke aufgestellt wurde, daß gerade hier erst das eigentliche Reich der Kometen beginne, daß die äußersten Planeten gleichsam schon Mittelstufen, Übergangsglieder zwischen Planeten und Kometen bildeten. Der letzte Planet und erste Komet, hieß es, könne derjenige genannt werden, der in seiner Sonnennähe den Kreis des ihm nächsten Planeten, vielleicht also des Saturn, durchschnitte. Und diese Theorie, meinte man, sei erklärlich gewesen durch ein vermeintliches Gesetz, nach welchem die Exzentrizität der Planetenkreise und die Größe und Undichtigkeit der Himmelskörper mit der Entfernung von der Sonne zunehme. Man kann sich wohl denken, daß nur in philosophischen Träumen eine solche Theorie geboren werden konnte; aber man wird kaum glauben, daß sie einem der größten Geister des vorigen Jahrhunderts, dem Verfasser der „Kritik der Vernunft" und der „Naturgeschichte des Himmels", dem großen Philosophen von Königsberg, Immanuel Kant, ihren Ursprung verdankte. Wir hätten ihm mindestens eine bessere Kenntnis von den Grundverhältnissen des Weltbaues zugetraut; denn er hätte freilich wissen können, daß gerade der sonnennächste aller Planeten, der Merkur, durch die große Exzentrizität seiner Bahn den Kometen am meisten sich annähert. Die Entdeckungen des Uranus und Neptun haben aber jener vermeintlichen Theorie vollends den Garaus gemacht; denn der äußerste aller uns bis jetzt bekannten Planeten, der Neptun, besitzt nach der sonnennahen Venus die geringste Exzentrizität, die kreisförmigste aller Planetenbahnen.

Mit den Ansprüchen der Kometen auf eine Verwandtschaft mit den Planeten ist es heutzutage übel bestellt. Es gehört gegenwärtig wenigstens eine sehr lebhafte Phantasie dazu, noch an eine allmähliche Verwandlung von Planeten in Kometen oder an einen einstmaligen Ursprung der Planeten aus verdichteten Kometen zu glauben.



Verschiedene Kometen-Formen.
1. Komet von 1577, nach Beobachtungen von Cornelius Gemma. 2. Komet von 1688, nach J. C. Sturm. 3. Komet von 1769.

Ja, gerade die umgekehrte Meinung ist gegenwärtig mit guten Gründen ausgesprochen worden, also die Ansicht, daß gewisse Kometen Trümmer planetarischer Weltkörper sein könnten. So seltsam uns auch diese Behauptung in diesem Augenblicke erscheinen mag, so werde ich doch schon bald Thatsachen mitteilen, welche mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf diese Vorstellung führen.

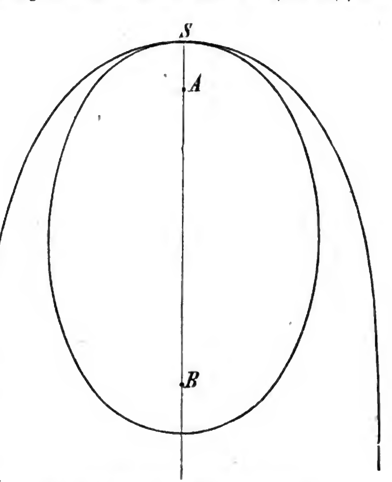
Die Alten haben von der Weltstellung der Kometen keine begründeten Vorstellungen gehabt; sie dachten nicht im entferntesten daran, daß diese von Zeit zu Zeit am Himmel heraufziehenden Schweifsterne Weltkörper seien, die an räumlicher Ausdehnung unsre Erde und selbst sogar die Sonne vielmal übertreffen; daß es Himmelskörper seien, die in festen, geregelten Bahnen aus den Tiefen des Raumes zur Sonne herabsteigen und sich darauf wieder in die Nacht der weiten planetarischen Räume zurückbegeben. Selbst Aristoteles, unstreitig der größte Naturforscher des Altertums, glaubte, die Kometen seien nichts andres als Ausdünstungen der Erde. Plutarch bestritt diese Ansicht, aber was er an ihre Stelle setzte, war noch thörichter. Denn seiner Meinung nach sollten die Kometen gar keine wirklichen Körper sein, sondern bloß Erscheinungen, die durch Zurückwerfung des Lichtes entständen. Man kann sich kaum denken, daß Plutarch jemals einen Kometen genauer angesehen habe, sonst hätte er seine thörichte Hypothese gewiß nicht aufstellen können. Unter diesen und ähnlichen abenteuerlichen Vorstellungen begegnet man erfreut wenigstens einer vernünftigen Anschauung. Es war der römische Philosoph Seneca, der die Kometen für Weltkörper hielt und den Ausspruch that, es werde die Zeit kommen, in welcher man das Wesen und die Bahnen dieser Gestirne kennen werde. Diese Zeit ist gekommen, aber sie hat sehr lange auf sich warten lassen. Im Mittelalter hielt man die Kometen, ohne sich über ihre kosmische Bedeutung weiter den Kopf zu zerbrechen, für Zuchtruten der erzürnten Gottheit und fürchtete diese Gestirne als Unglücksboten. Selbst die trivialsten Erscheinungen, Krankheiten der Katzen, Hühner rc., sollten durch Kometen verursacht werden. So heißt es unter einer Darstellung des Kometen von 1680: „Wahre Abbildung des Kometen, wie solcher über Rom den 2. Dezember Montags in der Nacht in diesem 1680. Jahr erschienen und im Zeichen der Jungfrauen des 13. Grades gesehen worden. Eben in dieser Nacht, ungefähr um 8 Uhr, hat eine Henne, so niemals ein Ey geleget, mit großem Geräusch und ungewöhnlichem Geschrey ein Ey von gegenwärtiger Größe und Gestalt mit Stern und Strahlen, wie hier abgebildet zu sehen, geleget."

Eine andre Abbildung desselben Kometen, welche die Positionen des Gestirns für die Zeit vom 16. bis zum 25. November 1680 enthält, hat folgende Verse als Unterschrift;

„Schau die Wunder-Fackel-Kertze! — Sünden-sichres Menschen-Hertze!
Ach bedenke, ach erkenne, — Wie sie an dem Himmel brenne,
Und um deiner Boßheit wegen, — Dir zur Straffe eil entgegen.
Setzet doch mit Buß zusammen, — Löschet diese Zoren-Flammen,
Daß, o Teutsche Landes-Erde, — Gottes Grimm gemildert werde,
Der uns drauet mit Cometen; — Buß und Betens ist von Nöten."

Vorwurfsfreie Menschen sahen freilich auch schon damals in den Kometen etwas andres, als Boten göttlicher Rache, aber die Menge hielt an ihrem Aberglauben fest. Die erste richtige Vermutung über die Bahn eines Kometen sprach G. A. Borelli 1664 in einem Briefe an den Prinzen Leopold von Toscana aus, indem er behauptete, die Kometen bewegten sich in Parabeln. Aber Borelli scheint diese Idee nicht weiter verfolgt zu haben.

Der große Komet von 1680, derselbe, den eine phantastische Idee zum größten Unruh- und Unheilstifter der ganzen Weltgeschichte machte, den sie zur Zeit der mosaischen Sintflut, wie der Ogygischen Flut, bei der Zerstörung von Ninive, im Trojanischen Kriege und beim Tode Julius Cäsars erscheinen ließ, derselbe Komet bezeichnet den eigentlichen Anfangspunkt der wissenschaftlichen Kunde von den Kometen. Ein sächsischer Prediger, Georg Dörfel zu Plauen, trat öffentlich mit der kühnen Behauptung auf, daß dieser Komet, wie alle Kometen überhaupt, eine parabolische Bahn um die Sonne beschreibe, und daß diese letztere im Brennpunkte der Bahn sich befinde. Dörfel hat seine Behauptung auch so gründlich bewiesen, als dies bei den mangelhaften Mitteln seiner Zeit überhaupt möglich war, und einige Jahre später verwandelte Newton die Behauptung in eine völlig wissenschaftliche Thatsache, indem er die Kometen unter die Herrschaft seines Gravitationsgesetzes stellte und ihren Bahnen die Form langgestreckter Ellipsen zuwies.



Parabel und Ellipse mit gleichem Brennpunkte A.

Jetzt zum erstenmal konnte der Gedanke aufsteigen, daß ein Komet aus den Tiefen des Weltenraumes wiederkehre, daß die Rechnung sogar Jahr und Tag seiner Wiederkehr vorher zu verkünden vermöge. Man wird freilich fragen: „Wie ist es möglich, einen Kometen wieder zu erkennen, wenn er zurückkehrt?“ An seiner äußeren Erscheinung schwerlich, das gebe ich zu; denn die Veränderlichkeit seiner Gestalt und Lichtstärke, seines Schweifes, seines Kerns und seiner Dunsthülle ist außerordentlich und macht ihn oft selbst vor unsern Augen in wenigen Tagen völlig unkenntlich. Aber der Astronom besitzt zum Glück andre und sicherere Steckbriefe, mit denen er seine Kometen in die Fernen des Raumes verfolgt, und

diese verschafft ihm das Newtonsche Gesetz. Es sind die Bahnelemente. Wir wissen bereits von den Planetenbahnen her, was darunter zu verstehen ist. Hier sind es insbesondere die Neigung der Kometenbahn gegen die Ebene der Ekliptik, die Lage des Durchschnittspunktes beider Ebenen, d. h. sein Abstand von dem Frühlingspunkte oder die Länge des aufsteigenden Knotens, der Abstand des Kometen von der Sonne in seiner Sonnennähe, oder die sogenannte Periheldistanz und die Lage dieses Punktes gegen die Ekliptik oder die Länge des Perihels, endlich die Richtung der Bewegung, die von West nach Ost oder von Ost nach West, rechtläufig oder rückläufig vor sich gehen kann. Um sich die Bahnelemente zu verschaffen, muß der Astronom freilich beobachten können; aber schon drei Beobachtungen genügen ihm. Allerdings gewähren diese ihm nur eine parabolische Bahn des Kometen; aber für die kurze Dauer der Sichtbarkeit ist diese ausreichend, da eine sehr langgestreckte Ellipse und eine Parabel mit demselben Brennpunkte und demselben Scheitelpunkte erst in großer Entfernung von ihrem gemeinsamen Scheitel merklich auseinander gehen. Erscheint nun ein neuer Komet, so vergleicht der Astronom sein Signalement mit dem früher beobachteter Kometen. Zeigt sich eine nahe Übereinstimmung zwischen den Bahnelementen zweier zu verschiedenen Zeiten erschienenen Kometen, so kann der Astronom mit einiger Gewißheit schließen, daß er es mit einem einzigen Gestirn zu thun hat. Ist ihm eine längere Zeit der Beobachtung gestattet, so kann er auch die Bahn des neuen Kometen genauer berechnen, besonders auch seine Umlaufszeit, und endlich aus der Umlaufszeit die Zeit der Wiederkehr ableiten.

Die beste und noch jetzt angewendete Methode, die Bahn eines Kometen zu berechnen, veröffentlichte 1797 der uns bereits bekannt gewordene Bremer Arzt und Astronom H. W. M. Olbers.

Der erste, der in dieser Weise eine Anwendung von der Newtonschen Theorie auf die Kometen machte, war Halley zu Anfang des vorigen Jahrhunderts. Er berechnete nach einer sehr umständlichen Methode bereits 24 Kometenbahnen und kam dabei zu dem wichtigen Ergebnis, daß drei dieser berechneten Bahnen so nahe miteinander übereinstimmten, daß sie lediglich nur als die Bahnen eines und desselben zu drei verschiedenen Malen wiedergekehrten Kometen gelten konnten. Er kündigte daher die Wiederkehr dieses Kometen, dessen Umlaufszeit er auf 75—76 Jahre bestimmt hatte, auf das Ende des Jahres 1758 oder Anfang 1759 an. Um dem Leser ein Urteil zu gestatten über die Berechtigung, mit welcher Halley seine Vorhersagung publizieren konnte, will ich die drei Bahnen in ihren Bahnelementen hier vorführen. Es sind folgende:

Komet von	1531	1607	1682
Durchgang durch das Perihel	August 26.	Oktober 27.	September 15.
Länge des Perihels	301° 12′	301° 38′	301° 56′
Länge des aufsteigenden Knotens . . .	45 30	48 40	51 11
Neigung der Bahn gegen die Erdbahn .	17 0	17 12	17 45
Periheldistanz	0.5799	0.5880	0.5829
Richtung der Bewegung	rückläufig.	rückläufig.	rückläufig.

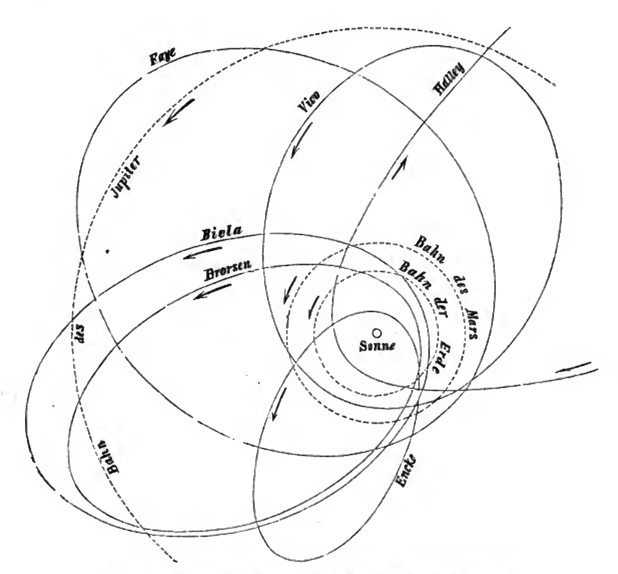


Der Halleysche Komet. Nach John Herschel: 1. Ansicht des Kometen, im Sternbild des Ophiuchus am 24. Oktober 1835, gesehen mit bloßem Auge; 2. mit einem Fernrohr von 2 m Brennweite. — 3—6. Einzelheiten des Kometenkopfes während der Zeit von Ende Oktober 1835 bis Anfang Februar 1836.

Natürlich konnte diese Vorhersagung nur eine sehr unbestimmte sein, da es Halley zu seiner Zeit noch unmöglich war, den Betrag der Störungen genau zu ermitteln. Die Lösung dieser schwierigen Aufgabe übernahm der französische Mathematiker Clairault, und eine gelehrte Frau, Madame Lepaute, unterstützte ihn dabei. Sechs volle Monate rechneten beide ununterbrochen, um die Zeit der Wiederkehr des Kometen mit Rücksicht auf die störenden Einflüsse der Jupiter- und Saturnanziehungen genau festzustellen. Sie fanden, daß durch diese Störungen eine Verzögerung des Kometen gegen seinen früheren Lauf um 618 Tage erfolgen, und daß der Komet daher wahrscheinlich erst am 13. April 1759 in seine Sonnennähe eintreten werde, wiewohl sie auch hierbei eine Ungewißheit von etwa 30 Tagen nicht in Abrede stellen konnten. Alle Welt war im Jahre 1758, welches den Kometen in seiner Annäherung zur Sonne zuerst sichtbar machen mußte, gespannt, ob die Prophezeiung des längst gestorbenen großen Astronomen sich erfüllen werde. Ein Freund der Astronomie, der sächsische Landmann Palitzsch zu Prohlis bei Dresden, war es, der ihn mit seinem Fernrohre am 15. Dezember 1758 zuerst erblickte. Bald konnte man sich allgemein von der Erfüllung der Halleyschen Vorhersagung überzeugen; denn der Komet erschien wirklich in den im voraus bestimmten Sternbildern und erreichte seine Sonnennähe am 12. März 1759, also innerhalb der angedeuteten Grenzen der Rechnung. Seitdem ist dieser Komet in den Jahren 1835 und 1836 bereits wieder erschienen und hat mehr wie je die astronomische Rechnung glänzend bestätigt. Der Unterschied zwischen dem berechneten und wirklichen Eintritt des Kometen in die Sonnennähe betrug damals nur 3 Tage, eine verschwindende Größe im Vergleich zu der 76jährigen Umlaufszeit und den zahlreichen Störungen eines Laufes durch 700 Millionen Meilen mitten zwischen den gewaltigsten Welten unsres Planetensystems! Noch schärfer wird die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung bei der nächsten Wiederkehr des Halleyschen Kometen sein, die der heutigen Jugend zu erleben beschieden ist. Sie findet nämlich statt im Jahre 1910, fast genau um 12 Uhr mittags am 16. Mai wird der Komet seine Sonnennähe erreichen.

Nicht lange nach Halleys großer That sollte die Wissenschaft auf dem Gebiete der Kometenforschung neue Triumphe feiern. Im Jahre 1770 entdeckte Messier einen Kometen, der lange genug am Himmel sichtbar blieb, um seine Bahnelemente mit großer Genauigkeit festzustellen. Zum erstenmal trat der Fall ein, daß die parabolischen Elemente mit den beobachteten Örtern des Kometen nicht übereinstimmten, daß man also eine wirkliche Ellipse für seine Bahn berechnen mußte. Lexell berechnete diese Ellipse und fand, daß die große Achse derselben nicht mehr als dreimal den Durchmesser der Erdbahn übertraf, daß der Komet also in 5 Jahren und 6—7 Monaten seinen Umlauf um die Sonne vollenden mußte. Man wunderte sich freilich darüber, daß ein Komet von so kurzer Umlaufszeit nicht bereits früher gesehen worden sei, und als er vollends zur berechneten Zeit nicht wieder erschien, nannte man ihn spottweise „Lexells verlorenen Kometen“. Aber die Wissenschaft wies nun nach, daß diese kurze Bahn dem Kometen erst neuerdings gegeben war, als er am 27. Mai 1767 dem Jupiter so nahe kam, daß dessen

mächtige Anziehung ihn im Laufe hemmte. Allerdings war er der Rechnung nach im Jahre 1776 noch einmal zur Sonne zurückgekehrt, und man würde ihn gesehen haben, wenn er nicht zur ungünstigsten Zeit hinter der Sonne und zugleich in einem Abstande von 40 Millionen Meilen von der Erde gestanden hätte. Aber das Überraschendste war, daß die Rechnung jenen Spott in wirklichen Ernst verwandelte, daß sie ihn wirklich als einen „verlorenen Kometen" erwies.



Die Bahnen von sechs periodischen Kometen unsres Sonnensystems.

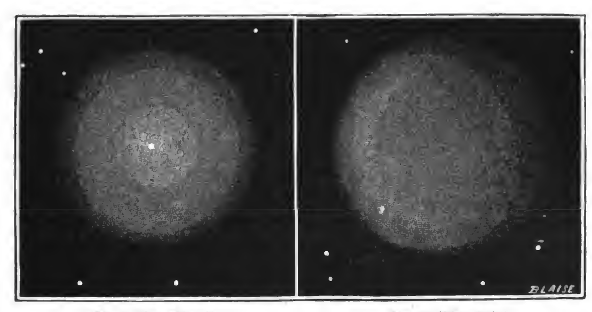
Bei seiner abermaligen Rückkehr auf seiner neuen Bahn mußte der Komet nämlich dem Jupiter wiederum so nahe gekommen sein, daß er sogar zwischen ihm und seinen Monden hindurch gegangen war, so daß die Anziehung desselben die eben erst erhaltene Bahn abermals umgewandelt hatte, und zwar in eine langgestreckte Ellipse, die ihm nicht gestattete, jemals auch nur den Abstand der Ceres von der Erde zu erreichen.

Einem Phantome gleich war dieser kaum für die Wissenschaft eroberte Komet den Gesetzen des Himmels zufolge in den Raum entschwunden, in den Köpfen der großen Menge mehr eine Saat des Aberglaubens als des Vertrauens zurücklassend. Dem 19. Jahrhundert war es beschieden, Kometen von kurzer Umlaufszeit zu entdecken, durch deren regelmäßige Wiederkehr der wankend gewordene Glaube an die Macht der Rechnung über die Kometenwelt wieder hergestellt wurde. Im

Januar 1786 fand der eifrige Kometenjäger Méchain einen kleinen unansehnlichen Kometen, aber es gelang ihm nur, zwei vollständige Beobachtungen des Gestirnes zu erhalten. Der Komet war also damals für die Bahnberechnung verloren. Erst im Jahre 1793 sah Miß Caroline Herschel das Gestirn wieder, darauf wurde der Komet bei seiner späteren Rückkehr nochmals (1805) von Bouvard und (1819) von Pons entdeckt, ohne daß man die Identität mit den früheren Erscheinungen ahnte. Erst als Encke, damals noch Adjunkt auf der Sternwarte Seeberg bei Gotha, die Bahn des Kometen genauer untersuchte, fand er, daß alle vorgenannten Erscheinungen einem und demselben Kometen zuzuschreiben seien, dessen Umlaufszeit 3 Jahre 4 Monate betrage. Diese Entdeckung bestätigte sich bald, gleichfalls aber auch die von Encke signalisierte Thatsache, daß der Komet bei jedem Umlaufe den Punkt seiner Sonnennähe ungefähr $^1/_9$ Tag früher erreiche. Diese Verkürzung der Umlaufszeit ist das einzige bis jetzt bekannte Beispiel im Sonnensysteme. Zur Erklärung nahm Encke, von Olbers aufmerksam gemacht, an, daß ein die Himmelsräume erfüllendes Medium, der Äther, die Tangentialgeschwindigkeit des Kometen hemme, wodurch letzterer der Sonne näher rücken und seine verengtere Bahn mit größerer Geschwindigkeit durchlaufen muß. „Daß die dichten und festen Planeten“, schreibt Olbers an Encke, „keinen jetzt merklichen Widerstand erleiden, beweist noch nichts für Kometen, die bei oft wohl tausendmal größerem Volumen vielleicht tausendmal weniger Masse enthalten. Besonders scheint bei dem Pons-schen Kometen ein solcher Widerstand schon a priori fast erwiesen. Er bewegt sich während eines nicht unbeträchtlichen Teiles seines Umlaufes in derjenigen Gegend des Weltenraumes, in welcher sich der Stoff des Tierkreislichtes befindet. Er ist derselbe, durch dessen Mitte Herschel am 9. November 1795 einen Doppelstern 12.—13. Größe noch fast ungeschwächt sehen konnte. Dies beweist doch wohl, daß die Dichtigkeit dieses Kometen zu der Dichtigkeit des Tierkreislichtes ein komparables Verhältnis haben wird und also der Widerstand nicht ganz unmerklich sein kann. Wäre also auch der ganze übrige Weltraum selbst für Kometen als völlig leer und widerstandslos anzusehen, was ich doch nicht glaube, so ist gewiß der vorhandene Stoff des Tierkreislichtes hinreichend, die Erscheinung einer Verkürzung der Umlaufszeit und Verminderung der Exzentrizität zu erklären.“ Bessel war dieser Meinung nicht. „Es kann wohl sein“, schreibt er an Encke, „daß der Schweif die Ursache des schnelleren Umlaufes ist, und zwar auf zwei verschiedene Arten, denn teils kann der Kopf des Kometen durch die Entwickelung des Schweifes zwischen den Schwerpunkt, welcher sich nach den Keplerschen Gesetzen bewegt, und die Sonne gebracht, also dieser genähert werden, ohne daß er wegen des Verlustes des Schweifes wieder zurückgehen könnte; teils kann die ausgestoßene Schweifmaterie fortfahren, eine Repulsivkraft zu äußern, wodurch sie den Kern der Sonne zutreibt.“

Bessel sah also die Ursache der Erscheinung in der Wirkung einer Polarkraft, durch welche materielle Teilchen vom Kometen ausgeströmt werden. Die Existenz einer solchen Ausströmung und die Gesetze, nach welchen sie wirkt, hat er in seiner berühmten Abhandlung „Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halleyschen Kometen und dadurch veranlaßte Bemerkungen“ untersucht und bewiesen.

In einem andern Aufsatze, „Bemerkungen über mögliche Unzulänglichkeit der die Anziehungen allein berücksichtigenden Theorie der Kometen", welcher direkt gegen Enckes Hypothese gerichtet ist, zeigt Bessel, daß die Reaktion der Ausströmung gegen den Kometenkern Veränderungen in der elliptischen Bewegung desselben hervorbringen müsse, welche nur dann, unter plausibeln Annahmen für das Verhältnis der ausgeströmten Materie zu der Masse des Kometen, als für die Beobachtung unmerklich vorausgesetzt werden dürfen, wenn man annimmt, daß die Intensität der Ausströmung in symmetrischen Lagen zum Perihel identisch ist. Die Ausströmung von Materie ist aber, wie bei den meisten Kometen, so auch beim Enckeschen mehrfach beobachtet worden. Unter den vorhandenen Abbildungen wird die Existenz derselben am deutlichsten durch die Zeichnungen konstatiert, welche uns Professor Hall für die Erscheinung von 1871 geliefert hat.



Komet ohne Schweif. Kometarischer Nebel.

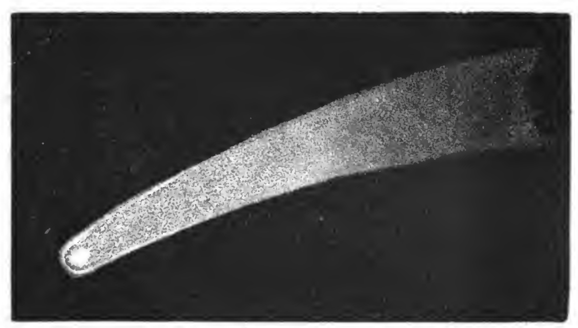
Indessen hatten die genauen Untersuchungen v. Astens erwiesen, daß die Ursache der fast gleich großen Beschleunigung, welche die mittlere Bewegung des Kometen in der Zeit von 1819 bis 1868 erlitten hat, höchst wahrscheinlich einem widerstehenden Medium zuzuschreiben ist und nicht Vorgängen in dem Komet selbst. Es fand sich jedoch auch die überraschende Thatsache, daß in dem Zeitraum von 1868 bis 1871 die Bewegung des Kometen eine außerordentliche Störung erlitten haben muß, durch welche damals die Wirkung der Beschleunigung fast völlig aufgehoben wurde. Eine solche Störung konnte aber durchaus nicht von den großen Planeten ausgehen, indem deren Wirkung bereits rechnungsmäßig berücksichtigt wurde. Der Komet befand sich aber damals in derjenigen Gegend, in welcher sich die kleineren Planeten bewegen, und v. Asten hielt es nicht für unmöglich, daß ein Zusammenstoß des Kometen mit einem dieser kleinen Himmelskörper stattgefunden habe. Der genannte Astronom will diesen Erklärungsversuch freilich nur als Vermutung gelten lassen, die er keineswegs zum Range einer Hypothese erheben möchte, doch weist er darauf hin, daß sie die einzige sei, welche zu einer dem spekulativen Bedürfnisse einigermaßen entsprechenden Erklärung führe. Die Untersuchung fernerer Erscheinungen des Enckeschen Kometen wird erst in diese Sache Licht bringen können.

Ein andrer nicht minder merkwürdiger Komet von kurzer Umlaufszeit wurde 1826 von dem österreichischen Hauptmann v. Biela in Josephstadt in Böhmen entdeckt. Dieser Komet, auf den ich später noch ausführlich zurückkommen muß, durchläuft seine Bahn in etwa $6\,^3/_4$ Jahren. Faye in Paris entdeckte am 23. November 1843 einen dritten Kometen mit der kurzen Umlaufszeit von $7\,^1/_2$ Jahren, der am 7. September 1848 von Bruhns in Berlin wieder aufgefunden wurde. Einen andern Kometen entdeckte der Pater de Vico in Rom im Jahre 1844. Der Berechnung nach mußte dieser in $5\,^1/_2$ Jahren seinen Umlauf vollenden; aber leider ist es weder im Jahre 1850 noch 1855 gelungen, ihn bei seiner Wiederkehr zu beobachten. Glücklicher ist man in betreff eines fünften Kometen gewesen, der von Brorsen in Kiel am 26. Februar 1846 entdeckt wurde, dessen Umlaufszeit gleichfalls auf $5\,^1/_2$ Jahre berechnet wurde und der auch in der That am 18. März 1857 wieder aufgefunden wurde. Der von d'Arrest in Leipzig am 27. Juni 1851 entdeckte Komet mit einer Umlaufszeit von $6\,^1/_2$ Jahren ist am 4. Dezember 1854 auf der Kapsternwarte wiedergefunden worden. Bei seiner Rückkehr im Februar 1864 konnte er nach Villarceaus Vorausberechnung wegen Lichtschwäche nicht gesehen werden, aber beim folgenden Periheldurchgange wurde er am 31. August 1870 von Winnecke in Karlsruhe aufgefunden. Die nächste Rückkehr dieses Kometen fand 1877 statt, und in der Nacht des 8. Juni sah man ihn zu Marseille, nahe bei dem durch die Rechnung vorherbestimmten Orte des Himmels, endlich ist der Komet der Rechnung gemäß anfangs 1883 wiederum zur Sonne zurückgekehrt. Das Jahr 1858 brachte zwei neue Kometen mit kurzer Umlaufszeit, den von Tuttle am 4. und von Bruhns am 11. Januar entdeckten Kometen mit einer Periode von $13\,^6/_{10}$ Jahren und den von Winneke in Bonn am 8. März entdeckten mit einer berechneten Umlaufszeit von $5\,^1/_2$ Jahren. Ferner hat Tempel im Jahre 1867 einen Kometen von $5\,^7/_{10}$ Jahren Umlaufszeit entdeckt, der 1873 bei seiner Wiederkehr beobachtet wurde; im Jahre 1869 entdeckte derselbe Beobachter einen zweiten Komet, dessen Umlaufszeit auf 6 Jahre berechnet worden ist, sowie auch noch einen dritten Kometen von kurzer Umlaufszeit.

Die sogenannten inneren Kometen, deren Bahnen noch von der äußersten der uns bekannten Planetenbahnen umschlossen werden, bilden natürlich nur einen sehr kleinen Teil von der Gesamtheit der im Weltenraume überhaupt vorhandenen Kometen, die nach allen Richtungen hin das Gebiet des Sonnensystems durchschwärmen. Man hat nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, also unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Bahnen, der Grenzen und der Sonnennähe versucht, annähernd die Zahl der Kometen zu schätzen, und immer hat die Schätzung auf viele Tausende geführt. Nur ein kleiner Teil von ihnen kann uns überhaupt sichtbar werden, da selbst das am schärfsten bewaffnete Auge nur noch für diejenigen ausreicht, die innerhalb der Marsbahn ihre größte Nähe zur Sonne erreichen. Auch die Mangelhaftigkeit früherer Beobachtungen hat einen bedeutenden Anteil an der geringen Zahl bekannter Kometen. Die Geschichte berichtet nur von etwas über 500 mit bloßen Augen gesehenen Kometen, die natürlich gegen die teleskopisch sichtbaren an Zahl verschwinden müssen. Ein Jahrhundert bringt

durchschnittlich nicht mehr als 20 dem unbewaffneten Auge erkennbare Kometen, das in dieser Beziehung kometenreichste, das 18., brachte deren 36, das 17. nur 12. Bisweilen vergehen 30—40 Jahre, ohne daß ein Komet dem bloßen Auge am Himmel erscheint. Das Teleskop entdeckt dagegen in neuerer Zeit alljährlich mehrere, im Jahre 1846 sogar 8 kleine Kometen.

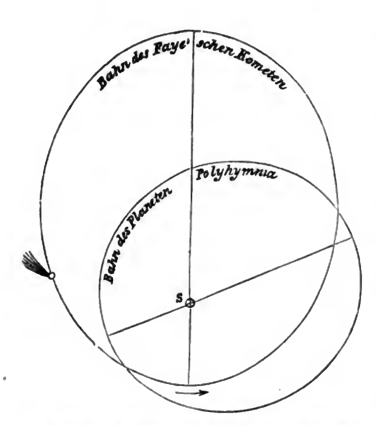
Ganz so steht es mit der Berechnung von Kometenbahnen. Wir wissen, daß seit einer kurzen Zeit es überhaupt erst möglich geworden ist, Kometen in den Bereich der Rechnung zu ziehen. Die wenigsten gestatten überdies eine genügende Zahl von Beobachtungen und nötigen, sich auf parabolische Bahnbestimmungen zu beschränken, die doch nur für ein kleines Bahnstück Geltung haben und keine Wiederkehr voraussehen lassen. Von 197 bis zum Jahre 1853 berechneten Kometenerscheinungen haben nur 46 gestattet, elliptische Elemente zu berechnen.



Komet von 1811.

Aber auch bei diesen ist die Verkündigung einer Wiederkehr mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Fast alle halten sich keineswegs in einer solchen Nähe, daß sich ihre Umlaufszeit auf Jahre, ja selbst auf Jahrhunderte mit einiger Wahrscheinlichkeit bestimmen ließe. Die meisten deuten auf hunderte und tausende von Jahren hin, die bis zur Zeit ihrer Wiederkehr verstreichen müssen. Der große Komet von 1769 besitzt nach Bessels Berechnung eine Umlaufszeit von 2090 Jahren. Der bewunderte Komet des Jahres 1858, der Donatische, durchläuft seine Bahn nach der Berechnung von E. v. Asten in 1880 Jahren. Man kann sich denken, welche ungeheuere Strecke er zu durchmessen hat, und welche Kontraste dadurch für seine Bewegung wie für seine Naturverhältnisse bedingt werden. Der flüchtigste Planet erscheint ernst, bedächtig gegen einen solchen Kometen, der in seiner Sonnennähe mit einer Geschwindigkeit von $7\,^6/_{10}$ Meilen in jeder Sekunde dahinschießt und in seiner Sonnenferne nur durch 100 m in der Sekunde fortschleicht, der sich einmal bis auf $11\,^9/_{10}$ Mill. Meilen, also fast den halben Abstand unsrer Erde, der Sonne nähert, dann wieder auf 6000 Mill. Meilen, also den 10maligen Abstand des Neptun, in den Raum hinausfliegt, dem einmal die Sonnenscheibe fast

dreimal so groß als uns und dann wieder kaum im Durchmesser von 6 Sekunden, also kaum in der Größe der Merkur- oder Marsscheibe erscheint. Und das sind bei weitem noch nicht die großartigsten Kontraste, welche die Kometenwelt mit ihren weitgeschweiften Bahnen darbietet. Der berühmte Komet von 1811 braucht 3069 Jahre, um seinen Lauf um die Sonne zu vollenden. Der schöne Komet von 1825, der sogenannte Stier-Komet, hat eine Umlaufszeit von vielleicht 4000 Jahren. Jener Komet von 1680, dem Whiston alles Unheil in der Weltgeschichte aufbürden wollte, durchwandert seine Bahn nach den Berechnungen Enckes in 8814 Jahren, also in einem Zeitraume, der weit über die Grenzen unsrer ganzen Weltgeschichte hinausgeht. Seine Unheilsbestimmung scheint überhaupt viel eher für den Himmel und ihn selbst als für unsre kleine Erde Bedeutung zu haben. Denn er ist es, der unter den bekannten Kometen mit in die gefährlichste Nähe der Sonne kommt, der sich bei seinem letzten Erscheinen dem Sonnenmittelpunkt bis auf 128 000 Meilen näherte, um dann freilich wieder auf 17 700 Mill. Meilen in die Ferne zu wandern. Im Jahre 1844 ward endlich zu Paris ein Komet entdeckt, dessen Bahnelemente nach der Berechnung von Plantamour auf eine Umlaufszeit von mehr als 100 000 Jahren schließen lassen. Und auch das ist noch nicht die größte Zahl, auf welche die Rechnung in der Kometenwelt geführt hat; doch muß ich nun freilich daran erinnern, daß in bezug auf Bestimmung kometarischer Umlaufszeiten die Rechnung aus Gründen, die wir schon kennen, keine zuverlässige Führerin ist; die angeführten Zahlen sind eben nur Rechnungsresultate, auf die ich praktisch gar kein Gewicht legen möchte.



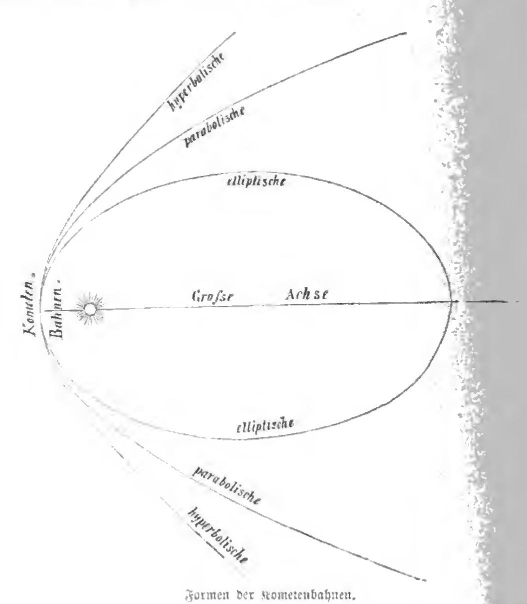
Vergleichung der Exzentrizität der Planeten- und Kometenbahnen.

Die Kometen beschreiben elliptische Bahnen von außerordentlich großer Exzentrizität. Schon die Bahnen der inneren Kometen oder derjenigen von kurzer Umlaufszeit sind im Vergleich mit den exzentrischen Planetenbahnen sehr langgezogen oder elliptisch. Zum Vergleich ist hier vorstehend die sehr elliptische Bahn des kleinen Planeten Polyhymnia und die Bahn des Fayeschen Kometen dargestellt. Letztere nähert sich unter allen Kometenbahnen beinahe am meisten der Kreisform und doch übertrifft sie an Exzentrizität selbst die Bahn des genannten Planetoiden bedeutend.



Der Donatische Komet am 24. und am 26. September 1858.

Die genaueren Untersuchungen der Neuzeit haben ferner zu dem merkwürdigen Resultate geführt, daß einige wenige Kometen sich weder in elliptischen noch in parabolischen Bahnen bewegen, sondern sogenannte Hyperbeln beschreiben. In welchem Sinne eine solche Bahn von der elliptischen und parabolischen abweicht und wie diese Abweichung mit der Entfernung von der Sonne immer größer wird, ersehen wir deutlich aus der nachstehenden Figur.



Formen der Kometenbahnen.

Wenn ich den Leser darauf aufmerksam mache, daß Berechnungen der Umlaufszeit von Kometen auf keine Genauigkeit Anspruch machen können; wenn ich bemerke, daß Abweichungen von 200—300 Jahren schon bei einem Kometen, wie dem Donatischen, selbst wenn auch auf die Störungen der Planeten, die seinen Weg kreuzen, Rücksicht genommen wird, eine sehr wahrscheinliche Größe sind, so ist leicht einzusehen, wie unrecht es ist, wenn man den Astronomen zum Vorwurf machte, daß sie sich 1843 durch einen der schönsten Kometen überraschen ließen. Eben so unbillig ist es, wenn man von ihnen verlangt, daß sie Ort und Zeit eines wiedererscheinenden Kometen mit derselben Sicherheit vorherbestimmen sollen, wie Ort und Zeit eines Planeten. In betreff der Planetenörter läßt sich ein Astronom nicht gern Irrtümer zu schulden kommen. Groß war z. B. die Unruhe über solche vermeintliche Fehler, die man bei den Beobachtungen des Uranus gemacht zu haben fürchtete.



Der Donatische Komet am 3. und am 5. Oktober 1858.

Diese Unruhe hat jedoch zu der schönsten Entdeckung unsres Jahrhunderts geführt. Aber gerade diese Entdeckung eines noch nie gesehenen Weltkörpers durch die bloße Kunst der Berechnung hat man von seiten einiger unvernünftigen Leute, die aber gern öffentlich reden, zum Vorwand genommen, von den Astronomen die Entfaltung einer ähnlichen Geschicklichkeit in betreff der Kometenprophezeiungen zu verlangen. Das Erscheinen eines Weltkörpers vorherzusagen, den man noch nie gesehen hat, der auch noch nicht einmal die geringste Spur einer Wirkung gezeigt hat, das, werden wir zugeben, ist eine Unmöglichkeit. Jener berechnete Planet, der Neptun, auf den man sich beruft, war keineswegs so ganz unbekannt; seine Wirkungen waren erkennbar in den durch Beobachtungen genau bekannten Bewegungen der übrigen Planeten. Für die Kometen ist eine solche Bekanntschaft nicht zu erwarten. Sie stehen nicht alltäglich am Himmel, wie die Planeten; mancher von ihnen kehrt nach Jahrhunderten und Jahrtausenden erst wieder, und wenn er erscheint, entzieht er sich den Augen des Astronomen oft schon nach wenigen Tagen und Wochen wieder. In Wochen aber vollbringt man nicht die Arbeit von Jahrtausenden. Was man berechnen soll, muß man beobachtet haben; beobachtet aber werden die Kometen wenigstens in Europa erst seit kaum 400 Jahren; gesehen hat man sie vor Jahrtausenden, aber leider nur mit den Augen des Wahnes.

Daß man trotz so mangelhafter Beobachtungen es gelernt hat, Kometen vorher zu verkündigen, und zwar mit Glück und bewunderungswürdiger Sicherheit, das hat die Wiederkunft des Halleyschen, des Enckeschen, Bielaschen, Fayeschen und andrer Kometen bewiesen. Daß man aber niemals Minute und Stunde, selten selbst den Tag einer solchen Wiederkehr anzugeben vermag, das liegt in dem launenhaften, unselbständigen Charakter dieser Himmelswanderer. Auf ihrem weiten Wege begegnen sie einer Menge von Planeten, und von jedem lassen sie sich aufhalten oder vorwärts treiben, rechts oder links ablenken. Wir wissen zwar, daß auch die Planeten Störungen voneinander erleiden; aber diese Störungen sind nur äußerst klein, überdies vorübergehend und in bestimmte Perioden abgeschlossen. Bei den Kometenstörungen ist der Astronom wegen der unvollkommenen Rechnungsmethoden noch nicht einmal im stande, ihre Größe allgemein für einen längeren Zeitraum anzugeben, sondern er muß sie etwa von 20 zu 20 Tagen durch den ganzen Lauf des Kometen und für jeden einzelnen Planeten verfolgen. Dies erfordert für ein einziges Jahrhundert die Zahl von 20 000 der schwierigsten Rechnungen, eine Arbeit, welche die halbe Lebenszeit des geschicktesten Rechners in Anspruch nehmen würde. Wundern wir uns also nicht, daß erst für wenige Kometen eine solche Rechnung ausgeführt worden ist! Dazu kommt, daß die Störungen bei den Kometen nicht wie bei den Planeten nur innerhalb gewisser Grenzen ab- und zunehmen — wir wissen, daß darauf die Stabilität unsres in parallelen Bahnen und fast gleichen Ebenen sich bewegenden Planetensystems beruht — sondern so weit anwachsen können, daß sie allmählich eine vollkommene Umgestaltung der Kometenbahn bewirken und den Kometen sogar für immer aus dem Bereiche unsrer Beobachtung entrücken können.

Die letztere Eigentümlichkeit haben wir bereits beim Lexellschen Kometen kennen gelernt. Er ist indes nicht der einzige dieser Art, denn der Brorsensche Komet bietet ein zweites Beispiel. Nach den Berechnungen von Professor d'Arrest ist dieser Komet in seine gegenwärtige Bahn geworfen worden, als er, aus den Tiefen des Weltraumes kommend, sich im Frühlinge 1842 dem mächtigen Planeten Jupiter sehr näherte. Vor dieser Zeit beschrieb er eine Bahn, in welcher er der Sonne nie näher als 30 Mill. Meilen kam und sich bis zu 117 Mill. Meilen von ihr entfernte. Wie der Planet Jupiter den Kometen gebracht hat, so wird er seine Bahn auch wieder verändern, letzteres findet wahrscheinlich gegen das Jahr 2000 unsrer Zeitrechnung statt.

Am 1. März des Jahres 1556 erblickte der Wiener Astronom Fabricius im Sternbild der Jungfrau einen Kometen, der allerdings nicht zu den glänzendsten seines wunderbaren Geschlechts gehörte, doch im Kern die Größe des Jupiter und einen Schweif von vier Grad Länge zeigte. Es war derselbe Komet, welcher, wie die Geschichte meldet, den Kaiser Karl V. zur Niederlegung seiner Kaiserkrone veranlaßte. Halley berechnete später aus den sorgfältigen Beobachtungen dieses Astronomen, die uns leider nicht vollständig aufbewahrt sind, die Bahnelemente des Kometen. Als der englische Astronom Dunthorne in der Mitte des vorigen Jahrhunderts diese Beobachtungen mit den chinesischen früherer Jahrhunderte verglich, fand er eine auffallende Übereinstimmung zwischen seinen Bahnelementen und denen eines im Juli des Jahres 1264 in China beobachteten und in Europa durch den Tod Urbans IV., den man ihm schuld gab, historisch gewordenen Kometen, der zu den prachtvollsten aller Zeiten gehörte. Wir wissen, was solch eine Übereinstimmung zu bedeuten hat, und Dunthorne sprach es aus. Er erklärte beide Erscheinungen für die eines einzigen Gestirns, das seinen Umlauf um die Sonne in 292 Jahren vollende und darum im Jahre 1848 wieder erscheinen werde. In der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts nahm der französische Astronom Pingré die Arbeiten Dunthornes wieder auf. Eine Menge neu aufgefundener Notizen über jenen Kometen gab seinen Berechnungen größere Sicherheit, und er fand nicht nur die früheren Resultate bestätigt, sondern bemerkte auch eine große Übereinstimmung der Bahnelemente zwischen den Kometen des Jahres 1264 und 1556 und einem im Jahre 975 erschienenen Kometen, der seitdem gleichfalls für eine frühere Erscheinung desselben Gestirnes gelten mußte. In neuerer Zeit sind von Hind in London und besonders von dem holländischen Astronomen Bomme in Middelburg sorgfältige Berechnungen dieses Kometen ausgeführt worden, und letzterer hat sogar die wichtigen Planetenstörungen in seine Rechnung aufgenommen. Als Resultat dieser mühevollen und weitläufigen Arbeit hat sich ergeben, daß der Komet unter der alleinigen Einwirkung der Sonne seinen Umlauf in 308 Jahren vollenden würde, daß aber diese Zeit durch die Planetenstörungen zwischen den Jahren 1264 und 1556 um 16 Jahre verkürzt wurde, während der gegenwärtige Umlauf sich nur um 6 Jahre verkürzen würde, so daß der Komet bereits nach 302 Jahren, also im August des Jahres 1858, wiedererscheinen müsse. Wir wissen, daß sich die Vorhersagung nicht erfüllt

hat. Allerdings wurde schon von Hind bei der geringen Genauigkeit der früheren Beobachtungen für das Resultat Bommes trotz seiner bewunderungswürdigen Rechnungen ein Unsicherheit von mindestens zwei Jahren geltend gemacht, so daß die Rückkehr des Kometen noch bis zum Ende des Jahres 1860 erwartet werden konnte. Aber wir müssen noch ferner bedenken, daß dies alles überhaupt nur Gültigkeit hat, wenn die bisher vermutete Identität der beiden Kometen von 1264 und 1556 in Wirklichkeit besteht. Allein auch diese Vermutung ist in neuester Zeit bedeutend erschüttert worden. Einerseits sind von Littrow in Wien alte, bisher unbekannte Beobachtungen des Kometen von 1556 aufgefunden worden, anderseits hat Hoek die alten, namentlich chinesischen Beobachtungen des Kometen von 1264 genau untersucht, und es hat sich daraus eine größere Verschiedenheit beider Bahnen ergeben, als man ursprünglich angenommen. Endlich hat sich, wie wir noch sehen werden, in jüngster Zeit herausgestellt, daß bisweilen mehrere Kometen in ein und derselben Bahn einherlaufen, jedoch durch viel Millionen Meilen voneinander getrennt. Wenn man also die Umlaufsdauer einfach aus der Zeit zwischen dem Sichtbarwerden zweier Kometen, die in der gleichen parabolischen Bahn einhergehen, ableitet, so kann man bisweilen sehr irren und einen Kometen mit kurzer Umlaufsdauer wahrnehmen, wo wirklich mehrere Kometen von langer Umlaufsdauer in der gleichen Bahn einherlaufen.

Ich habe dem Leser einen Blick in die Geschichte und das Wesen einer astronomischen Prophezeiung werfen lassen. In halb vermoderten europäischen und halb unverständlichen chinesischen Urkunden findet der Astronom Mittel einen Weltkörper weit über die Grenzen der Neptunsbahn, die der berühmte Halleysche Komet kaum überschreitet, in eine 1800 Millionen Meilen weite Ferne zu verfolgen. Er schlägt das Gesetzbuch des Himmels auf und erforscht daraus die Störungen, welche dieser ferne Wandrer im Laufe von drei Jahrhunderten erleidet. Stolz auf die Sicherheit seiner Rechnungen, kennt er doch die Unsicherheit der überlieferten Beobachtungen, und mit wissenschaftlicher Bescheidenheit setzt er danach seiner Prophezeiung Grenzen.

Nicht von den Astronomen also konnte jene wahnsinnige Prophezeiung ausgehen, welche vor nahe drei Jahrzehnten über Millionen Köpfe der gebildetsten Länder Europas die heilloseste Verwirrung brachte. Irgend ein müßiger Kopf war es, der sich den unzeitigen Spaß gemacht hatte, gerade den 13. Juni 1857 als Tag der Wiederkehr jenes Kometen von 1556 anzugeben und einige nichtige, den Geist der Menge bethörende Voraussetzungen von einem durch ihn drohenden Weltuntergang damit in Verbindung zu bringen. Wir wissen, daß er leider nur zu viel Gläubige für diesen Unsinn fand. Es war, als ob plötzlich ein finsteres Gespenst des Mittelalters zum Schrecken aller wahrhaft Gebildeten und zur Schmach unsres aufgeklärten Jahrhunderts mitten unter uns auftauchte. Und doch war es nur das Symptom einer tiefer liegenden Krankheit. Übrigens erinnert der ganze Vorfall an einen ähnlichen tollen Schwindel, der im Jahre 1798 ganz Paris in Schrecken setzte. Ein Spaßvogel hatte sich im Journal de l'Indicateur den Mutwillen gemacht, das Publikum mit der Nachricht von

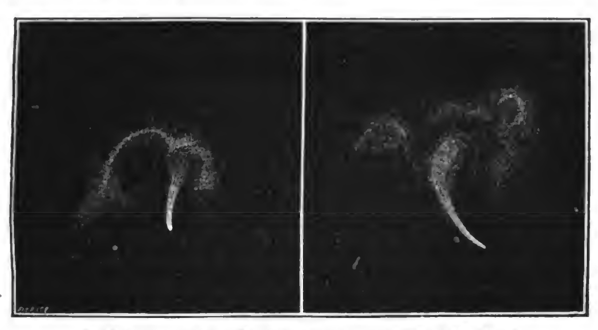
zwei Kometen, dem einen von Feuer, dem andern von Wasser, die nächstens erscheinen würden oder schon erschienen wären, zu unterhalten, und am Ende beizufügen, daß der berühmte Astronom Lalande wahrscheinlich das Nähere über diese bedenkliche Sache dem Publikum berichten würde. Einige Tage darauf kamen zahlreiche Besuche und Briefe zu Lalande, von dem man teils aus Neugier und noch mehr aus Furcht Nachricht über diesen Kometen verlangte. Er war nun genötigt, um sich von dieser lästigen Korrespondenz zu befreien, eine Nachricht an das Publikum in das Journal de Paris einrücken zu lassen; aber die Furcht war außerordentlich, ein panischer Schrecken hatte die Pariser ergriffen und zeigte ihre astronomischen Kenntnisse in keinem vorteilhaften Lichte. Man lief auf das „Observatoire nationale“, um dort Erkundigungen zu holen; man kaufte die absurdesten Nachrichten über diesen Kometen, die man auf den Straßen ausrief. Am Tage selbst, wo der Komet erscheinen und den Untergang der Welt bringen sollte, waren Neugierige auf dem Pont-Neuf und den Quais, um — Venus und Jupiter anzustaunen. Als die vermeintliche Gefahr vorbei war, verwünschten die Poissardes den Astronomen, der, ihrer Meinung nach, ihnen diese unnötige Furcht verursacht hatte.


Komet mit vielfachem Schweif vom Jahre 1744.

Ich denke nicht gern an jene düstere Zeit zurück, über die noch nach Menschenaltern jeder echte Patriot erröten wird. Ein Blick in die Himmelsräume ist wohlthuender. Da sehen wir nun diese furchtbaren, wundersamen Kometenschweife ausgestreckt, die so oft das Staunen der schauenden Menge und ihre abergläubische Furcht erregten. In älteren Zeiten konnte man sich einen Kometen gar nicht ohne diesen Schweif oder Besen, wie die Chinesen sagen, denken. Aber doch haben nicht alle Kometen Schweife. Die merkwürdigen Kometen von 1585, 1665, der Halleysche Komet bei seiner fünften Erscheinung im Jahre 1682 und der Komet von 1763 zeigten keine Spur eines Schweifes. Auch der Enckesche Komet erscheint bekanntlich stets nur in der Gestalt einer runden Scheibe oder verschwommenen Nebelmasse. Daraus erklärt sich auch, daß man bei der Entdeckung neuer Planeten, wie des Uranus und der Ceres, anfangs zweifeln konnte, ob man sie nicht für Kometen halten sollte. Andre Kometen dagegen entwickeln sehr prächtige Schweife. Der des Kometen von 1843 erreichte eine Länge

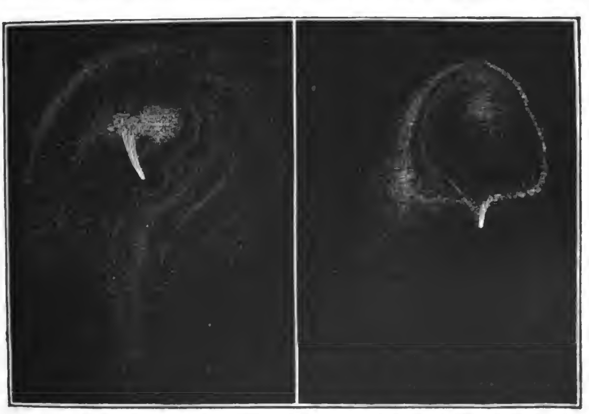
von 60°, der Komet von 1769 zeigte einen Schweif von 97° und der von 1618 sogar einen von 104° Länge. Bisweilen sind sogar mehrere, gänzlich von einander gesonderte Schweife vorhanden. So hatte der seltsame Komet von 1744 am 7. und 8. März sechs durch dunkle Zwischenräume getrennte Schweife, deren jeder eine Breite von etwa 4° und eine Länge von 30—40° besaß und scharfe und helle Ränder zeigte. Auch der in Neuholland beobachtete Komet von 1825 hatte fünf Schweife, deren Strahlen einander kreuzten. Der doppelt geschweifte Komet von 1823 zeigte die eigentümliche Erscheinung, daß die beiden Schweife einen stumpfen Winkel von etwa 160° miteinander bildeten, so daß der eine Schweif also fast der Sonne zugekehrt war. Aus der scheinbaren Größe eines Kometenschweifes läßt sich, wie wir wissen, über die wahre Größe desselben durchaus kein Urteil fällen, hierbei muß man nämlich auch die Entfernung des Kometen von unsrer Erde mit in Anschlag bringen. Die mit Rücksicht hierauf ausgeführten Rechnungen ergaben für manche Kometen wahrhaft ungeheure Schweife. So dehnte sich der Schweif des ersten Kometen von 1843 am 28. März jenes Jahres bis zu 30 Millionen Meilen aus, er übertraf also die Entfernung der Erde von der Sonne noch um die Hälfte. Der ungeheuer groß erscheinende Schweif des Kometen von 1618 war dagegen nur 10 Millionen Meilen lang, immerhin noch eine ungeheure Ausdehnung im Vergleiche mit der Größe eines Planeten. Meist entwickeln sich die Schweife erst mit der Annäherung der Kometen zur Sonne. So war auch der Donatische Komet anfangs völlig schweiflos. Zur Zeit seiner Entdeckung, am 2. Juni 1858, erschien er als eine äußerst lichtschwache, verwaschene Nebelmasse von 1—2 Minuten Durchmesser, in seiner Lichtstärke kaum einen Stern zehnter bis elfter Größe erreichend. Als er am 28. August auch an unserm nordischen Himmel mit bloßen Augen sichtbar ward und sein Kern bereits die Helligkeit eines Sternes fünfter bis sechster Größe besaß, war von seinem Schweife noch kaum eine Spur zu erkennen. Dann erst begann er sein wunderbares Wachstum zu entwickeln. In wenigen Tagen hatte er den Glanz der Sterne vierter Größe erreicht, und Ende September wetteiferte er mit den glänzendsten Sternen des Fixsternhimmels und sein Schweif war auf eine Länge von 18° angewachsen. Nach seiner Entfernung geschätzt, maß der Schweif jenes Kometen damals in Wirklichkeit $5^1/_2$ Millionen Meilen; — freilich will das nicht viel sagen gegen den Schweif des Kometen von 1843. Einen ähnlichen Wechsel in Gestalt und Aussehen bieten viele Kometen auch bei ihrem Verschwinden dar. Kein Komet aber ist so geeignet, die ganze Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, die teils durch die verschiedenen Stellungen des Kometen gegen Erde und Sonne, teils wohl durch wirkliche Veränderungen in den Dichtigkeitsverhältnissen des Kerns und der Nebelhülle, in Ausdehnung und Richtung des Schweifes bedingt werden, überschauen zu lassen, wie der Halleysche, schon um seiner meist sehr lange andauernden Sichtbarkeit willen. In dem langgeschweiften Kometen, als welchen er sich am 28. Oktober 1835 dem bloßen Auge zeigte, und dem kugelförmigen Nebelfleck, als der er am 3. Mai 1836 verschwand, würden wir schwerlich ohne weiteres Formen eines und desselben Weltkörpers erkennen.

Wir wissen, daß die Kometenschweife stets von der Sonne abgewandt sind. Die Chinesen wußten das bereits vor tausend Jahren; bei uns wurde diese Bemerkung zuerst im Jahre 1531 von Peter Apianus gemacht. Ganz buchstäblich dürfen wir das indes nicht nehmen.



Ausströmungen aus dem Kerne des Kometen II von 1862 am 23. August
1 Uhr morgens. 9 Uhr abends.

Fast niemals fällt die Linie, welche Komet und Sonne verbindet, genau mit der Richtung des Schweifes zusammen. Die Abweichung ist sogar bisweilen bedeutend, sodaß der Schweif fast einen rechten Winkel mit der Richtung zur Sonne bildet.

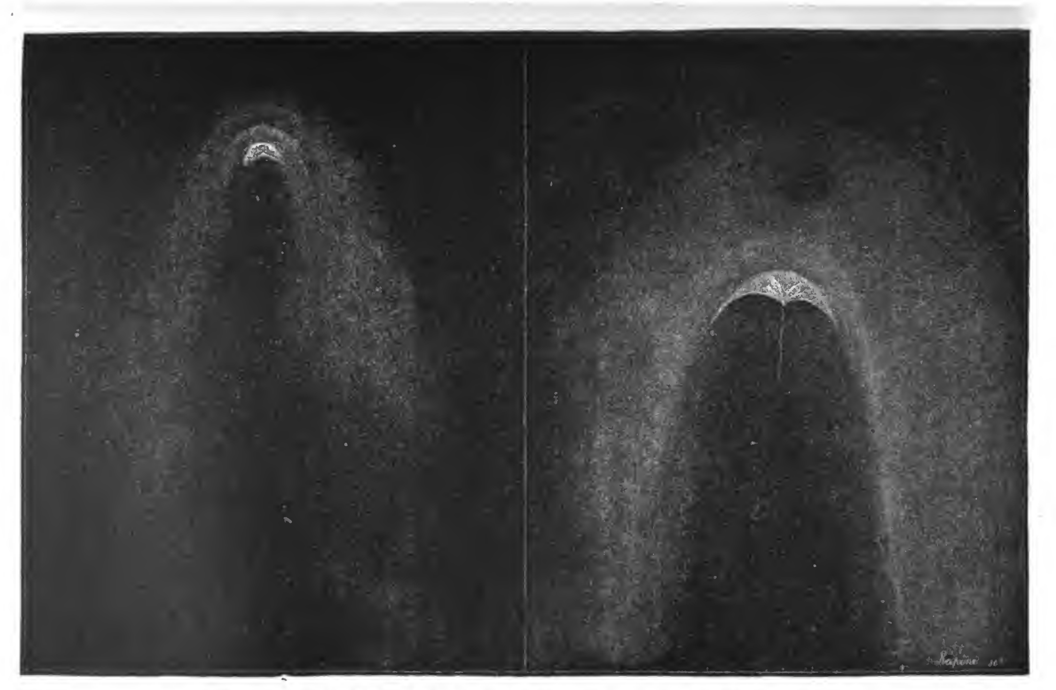


Ausströmungen aus dem Kern des Kometen von 1862 am 24. August.

Im allgemeinen weicht der Schweif nach der Richtung hin ab, aus welcher der Komet herkommt, und er zeigt sich meist auch nach dieser Seite schärfer begrenzt und heller als nach der entgegengesetzten.

Ferner wird die Zurückbeugung allemal um so größer, je weiter vom Kopfe entfernte Punkte des Schweifes man betrachtet, so daß dadurch eine Krümmung des Schweifes entsteht, die bei dem Kometen von 1744 einen solchen Grad erreichte, daß sein Schweif die Form eines Viertelkreisbogens annahm. Wir sehen, daß sich alles gerade so zeigt, als ob die Materie des Schweifes bei der Fortbewegung in einem gasförmigen Mittel mehr Widerstand erlitte als der Kern. Eine solche Erklärung ist in der That versucht worden. Man hat sich dabei zugleich auf die merkwürdige Beobachtung gestützt, daß die Nebelhüllen der Kometen mit der Entfernung von der Sonne zu wachsen scheinen. So hat man beim Enckeschen Kometen im Jahre 1828 durch genaue Messungen ermittelt, daß vom 28. Oktober bis zum 24. Dezember, in welcher Zeit sich der Abstand des Kometen von der Sonne auf $^1/_3$ verringert hatte, der wirkliche Durchmesser seines Nebels 26mal kleiner geworden, sein körperlicher Inhalt also etwa auf den 16000sten Teil seiner ursprünglichen Größe zusammengeschrumpft war. In neuester Zeit hat Julius Schmidt die Volumenverminderung des Enckeschen Kometen bei seiner Annäherung an die Sonne genauer studiert. Er untersuchte sämtliche vorliegenden Messungen des Durchmessers von diesem Gestirne und teilte sie je nach der Entfernung des Kometen von der Sonne in fünf Gruppen. Auf diese Weise fand sich der mittlere Durchmesser des Kometenkopfes für den Sonnenabstand von 1,7 Erdbahnhalbmessern zu 25 000 Meilen; für die Entfernung von 1 Erdbahnhalbmesser zu 23 000 Meilen; für den Abstand von $^9/_{10}$ Erdbahnradien zu 16 000 Meilen, für jenen von $^7/_{10}$ Erdbahnradien zu 12 000 Meilen und endlich für die Entfernung von $^{13}/_{25}$ Erdbahnhalbmessern zu 9000 Meilen. Eine rasche Volumenabnahme des Kometen mit der Annäherung an die Sonne ist hiernach nicht zu bezweifeln. Zur Erklärung dieser Thatsachen nimmt nun Valz an, daß der Äther um die Sonne herum eine Atmosphäre bilde, deren untere Schichten, ganz wie in unsrer irdischen, um so dichter sind, je zahlreichere Schichten sich über ihnen befinden. Der Komet würde also, indem er diese Schichten durchläuft, einen ihrer Dichtigkeit entsprechenden Druck erleiden, und die Verminderung seines Umfanges in der Nähe der Sonne wie die Krümmung seines Schweifes wäre damit erklärt. So geistvoll diese Erklärung ist, so scheitert sie doch völlig an der Unmöglichkeit, sich eine Ursache zu denken, welche die Hülle des Kometennebels undurchdringlich macht und den Äther hindert, daß er nicht, statt die Nebelmasse wie eine luftgefüllte Blase zusammenzudrücken, vielmehr bis in die kleinsten Teilchen den ganzen Kometen erfüllt.

Mit den Aufklärungen der Wissenschaft über die Natur der Kometenschweife ist es aber überhaupt noch traurig bestellt. Der Astronom befindet sich noch immer in dem Falle, in welchem sich einst der Sekretär der Pariser Akademie, Mairan, zur Zeit der Regentschaft des Herzogs von Orleans einer neugierigen Hofdame gegenüber befand. Sie hatte ihn nach allen möglichen astronomischen Dingen gefragt, und Mairan hatte immer die gewissenhafte Antwort gegeben: „Das weiß ich nicht.“ Als sie endlich ungeduldig und mit einiger Bitterkeit fragte, wozu er denn eigentlich Akademiker sei, da erwiderte Mairan stolz: „Dazu, Madame, um die Antwort geben zu können: Das weiß ich nicht.“



Kometenköpfe und Kometenkerne. 1. Des Donatischen Kometen vom Jahre 1858. 2. Des Kometen von 1861.

Das wissen wir nicht, ist nach Arago noch heute die Antwort auf die meisten Fragen in betreff der Kometenschweife. Selbst die Spektralanalyse hat hier noch zu keinem sicheren Ergebnisse geführt. Wir wissen nur etwa, daß die meisten die Gestalt hohler Kegel oder Cylinder haben müssen. Anders wenigstens läßt es sich nicht erklären, daß die meisten Kometenschweife namentlich in der Nähe des Kopfes sich an den Seiten heller leuchtend zeigen als in der Mitte, so daß sie im Fernrohre geradezu oft den Anschein einer völligen Teilung erwecken. Wir können annehmen, daß sie aus sehr kleinen, das Licht reflektierenden Nebelteilchen bestehen, die nur dem Auge als eine zusammenhängende Lichtmasse erscheinen. Es bliebe sonst unerklärlich, daß sie das durchscheinende Licht der Sterne weder schwächen noch ablenken. Wir werden uns damit auch eine Erfahrung erklären können, die jeder Laie macht, daß der Anblick des Kometen im Fernrohre einen so überaus ungünstigen Eindruck macht. Der glänzende Schweif verschwindet fast mit der Vergrößerung, weil das Auge offenbar um so weniger Lichtteilchen empfängt.

Eine höchst auffallende Erscheinung, welche das bewaffnete Auge schon an den Kometen von 1744 beobachtete, ist die eigentümliche Ausstrahlung, welche oft von der Nebelhülle des Kopfes an der dem Schweife entgegengesetzten Seite nach der Richtung zur Sonne ausgeht. Diese Erscheinung ist erst durch die Arbeiten Bessels bei Gelegenheit der Wiederkehr des Halleyschen Kometen im Jahre 1835 wissenschaftlich ergründet worden. Am 2. Oktober jenes Jahres sah Bessel eine Ausströmung von Lichtmaterie aus dem Kerne in einer nahe gegen die Sonne gewendeten Richtung, eine ähnliche am 8. Oktober, und vier Tage später eine andre äußerst lebhafte, die ihre Richtung veränderte. Am 13. Oktober erkannte Bessel statt einer begrenzten Ausströmung eine unbegrenzte Masse von Lichtmaterie links vom Mittelpunkte des Kometen. Einen Tag später hatte sich die Ausströmung wieder hergestellt und war lebhafter und stärker als je, noch in 45'' Entfernung vom Mittelpunkte war sie zu unterscheiden, während der Glanz des Kernes sehr abgenommen hatte und dieser schon bei neunzigfacher Vergrößerung das Ansehen eines festen Körpers verlor. Am 15. Oktober war die Ausströmung schlecht begrenzt, am 22. aber wieder lebhaft, auch am 25. schätzte Bessel noch ihre Lage, dann aber verhinderten schlechtes Wetter und der niedrige Stand des Kometen alle weiteren Beobachtungen. Auch von andern Beobachtern sind leuchtende Ausströmungen am Halleyschen Kometen im Oktober 1835 wahrgenommen worden, so von Schwabe, Amici und Arago, doch hat niemand den Gegenstand so streng wissenschaftlich verfolgt wie Bessel. Aus seinen Messungen geht hervor, daß der ausströmende Lichtkegel sich von der Richtung nach der Sonne, sowohl rechts als links, beträchtlich entfernte, aber immer wieder zu dieser Richtung zurückkehrte, um auf die andre Seite derselben überzugehen. Bessel zeigt, daß seine Beobachtungen sich am besten mit der Annahme vereinigen lassen, daß die Ausströmung in der Bahnebene des Kometen pendulierende Schwingungen machte, deren Periode etwa vier bis sechs Tage betrug und deren Ausdehnung einen Winkel von 60 Grad umfaßte. Der prachtvolle Donatische Komet 1858 hat ebenfalls die Bildung von Lichtausströmungen und die Ablagerungen heller Nebelschichten gezeigt. Die

sämtlichen bis jetzt gemachten Wahrnehmungen vereinigen sich dahin, daß von dem der Sonne zugewendeten Teile des Kometenkerns sich mit großer Geschwindigkeit leuchtende Massen oder Ströme erheben in Richtungen, die wie ein Pendel hin und her schwanken. In der Höhe dehnt sich diese leuchtende Materie rasch aus und bildet eine Art Fächer oder Schirm, dessen Ränder sich nach rückwärts umbiegen und die Materie nach dem Schweife hinströmen lassen. Die Strömungen, welche den Schweif bilden, gehen also vom Kerne des Kometen aus und sind ganz verschieden von der Nebelhülle oder Atmosphäre, welche den Kopf des Kometen bildet. Man konnte dies bei einigen Kometen sehr deutlich beobachten. So zeigte sich nach den Wahrnehmungen von Julius Schmidt beim Kometen III 1862 am 13. August und an den folgenden Tagen sehr klar, daß der Anfang der hufeisenförmigen Basis des Schweifes mitten in der Koma oder Atmosphäre lag. Letztere behielt sehr lange Zeit hindurch ihre selbstständige kreisrunde Gestalt, wobei sie links und rechts über die Seitenränder des Schweifes übergriff. Es ist sehr wichtig bei Beobachtung geschweifter Kometen, auf diese Erscheinung zu achten. Bessel hielt es für wahrscheinlich, daß der Kern des Kometen kein eigentlich fester Körper in der Art wie die Erde, der Mond und die Planeten sei, und war der Meinung, derselbe müsse vielmehr sehr leicht in den Zustand der Verflüssigung übergehen können; auch zeige der fast unbegreiflich große Raum, welcher durch die Schweife vieler Kometen ausgefüllt werde, verbunden mit der wahrscheinlich äußersten Kleinheit ihrer Massen, daß die Materie der Kometen die Eigenschaft erlange, sich unbegrenzt auszudehnen. „Ich sehe“, sagt Bessel, „keine Schwierigkeit der Annahme, daß die Kometen aus Teilen bestehen, denen nur noch wenig an der Wärme oder einer andern repulsiven Eigenschaft fehlt, welche sie besitzen müssen, um flüchtig zu werden. Daß die Verflüchtigung sich gerade an dem der Sonne zugewandten Teile der Oberfläche am frühesten zeigt, auch daß sie sich durch größere Annäherung an die Sonne und durch längere Dauer ihrer Wirkung vermehrt und über einen immer größer werdenden Teil der Oberfläche erstreckt, ist nach dieser Ansicht zu erwarten, sowie auch mit den Beobachtungen übereinstimmend.“

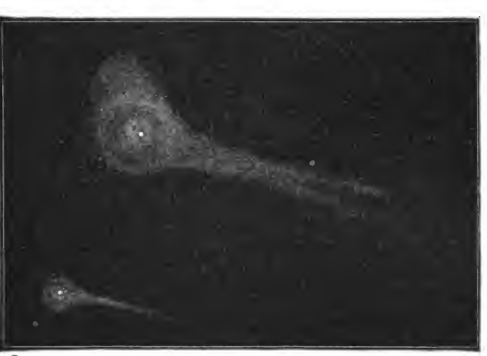


Alessandro Donati (geb. 1811).

Die Bildung der Dunstströme und der Schweife der Kometen erklärte Bessel durch eine von der Sonne auf den Kometen ausgeführte Polarkraft ähnlich der Elektrizität oder dem Magnetismus. Derselben Ansicht war auch schon Olbers, indem er voraussetzte, daß die von dem Kometen und seiner Atmosphäre entwickelten Dämpfe sowohl von diesen als von der Sonne abgestoßen würden. „Diese Dämpfe“, sagt Olbers, „müssen sich also dort anhäufen, wo die Repulsivkraft des Kometen, die wahrscheinlich umgekehrt wie das Quadrat des Abstandes vom Kern abnimmt, von der Repulsivkraft der Sonne überwogen zu werden anfängt. Ich weiß durchaus nicht, woher diese Repulsivkraft, oder bestimmter zu reden, woher dieses Bestreben der Schweifmaterie, sich von der Sonne und dem Kometenkern zu entfernen, entsteht; genug, daß die Beobachtung es deutlich zeigt. Enthalten kann man sich indessen schwerlich, dabei an etwas unsern elektrischen Anziehungen und Abstoßungen Analoges zu denken. Warum sollte auch diese mächtige Naturkraft, von der wir in unsrer feuchten, stets leitenden Atmosphäre schon so bedeutende Wirkungen sehen, nicht im großen Weltall nach einem weit über unsre kleinlichen Begriffe gehenden Maßstabe wirksam sein?“

Die Krümmung der Kometenschweife stellt Bessel dar als Ergebnis des Zusammenwirkens der eignen Bewegung des Kometen und der abstoßenden Kraft, welche die Sonne auf die flüchtigen Teilchen der aus dem Kometenkern aufsteigenden Materie ausübt. Unter dieser Voraussetzung hat neuerdings Prof. Bredichin in Moskau ausgedehnte Untersuchungen über die Krümmungen der Schweife einer großen Anzahl von Kometen angestellt und kam zu dem Ergebnisse, daß in dieser Beziehung drei verschiedene Typen zu unterscheiden sind. Prof. Bredichin machte dann weiter die Annahme, daß die Größe der Schweifkrümmung durch das Molekulargewicht der Substanzen bedingt werde, die eben den Schweif bilden. Unter dieser Voraussetzung würden die zum ersten Typus gehörigen Schweife vorzugsweise aus Wasserstoff bestehen, diejenigen des zweiten Typus aus Kohlenwasserstoffen, und die des dritten würden Eisen, Chlor u. s. w. enthalten. Das Hauptbedenken gegen diese Schlußfolgerung fand seine Begründung in der Thatsache, daß das Spektrum aller bis dahin untersuchten Kometen ein und denselben Typus zeigt. Wir werden jedoch sehen, daß diese Übereinstimmung der Kometenspektra nur eine zufällige gewesen ist, indem gegenwärtig zwei Kometen bekannt sind, deren Spektra völlig von denjenigen aller früher beobachteten abweichen. Welcher Art die von der Sonne auf die Materie der Kometen ausgeübte abstoßende Kraft ist, läßt sich bis heute durch direkte Beobachtungen noch nicht ermitteln. Zöllner hielt sie für durchaus identisch mit der Elektrizität und gelangte durch scharfsinnige Untersuchungen über die Stabilitätsbedingungen kosmischer Massen zu dem Ergebnisse, daß die Kometen aus einer flüssigen Materie bestehen und daß auf ihnen großartige Verdampfungsprozesse und Gaseruptionen stattfinden, wodurch beträchtliche Entwickelung von Elektrizität eintreten muß. Nimmt man nun an, daß gleichnamige Sonnenelektrizität auf die Elektrizität der Kometendämpfe einwirkt, so muß eine Abstoßung stattfinden, und die Repulsivkraft der Sonne findet eine ungezwungene Erklärung.

Es ist schwer, sich eine Vorstellung von der Natur dieser seltsamen Nebelwesen zu machen, deren Inneres zugleich der Schauplatz der stürmischsten Vorgänge sein muß, die wir im Weltall kennen. Aber seit vollends der Bielasche Komet am 29. Dezember 1845 vor den Augen der Astronomen eine Teilung vollzog, schien die Seltsamkeit dieser Himmelskörper den höchsten Grad erreicht zu haben. Schon alte griechische Schriftsteller hatten von solchen Spaltungen und Verdoppelungen von Kometen berichtet, aber die ungläubige Wissenschaft spottete über dergleichen Berichte. Der Bielasche Komet erhob das Unmöglichscheinende zur Thatsache. Schon Hind hatte am 19. Dezember 1845 an dem bis dahin nur ungeteilt gesehenen Kometen gegen Norden eine kleine Hervorragung bemerkt. Seit dem 29. Dezember waren zwei selbständige Kometen, jeder mit Kopf und Schweif versehen, an der Stelle des einen zu erblicken. Der neue Nebenkomet, der dem ältern nördlich voranging, wuchs allmählich so, daß er an Lichtstärke eine Zeitlang den Hauptkometen übertraf. Auch der Abstand der beiden Kerne voneinander wuchs und betrug am 13. Februar nach genauen Messungen bereits 41822 geographische Meilen.



Der Bielasche Doppelkomet anfangs 1846 nach Struve.

Bei der Wiedererscheinung des Kometen im Sommer des Jahres 1852 gelang es zuerst Secchi zu Rom am 26. September, die beiden getrennten Köpfe wieder zu erkennen. Sie hatten bereits einen gegenseitigen Abstand von 352342 geogr. Meilen erreicht. Es gelang auch, wenigstens annähernd, für beide Kometenkerne getrennte Bahnberechnungen anzustellen, und merkwürdigerweise schienen sich beide Bahnen völlig unabhängig voneinander zu zeigen. Wir sehen hier eine Zeichnung des Bielaschen Kometen nach Struve. Der bloße Anblick ergibt schon einen bedeutenden Unterschied in der Helligkeit beider Komponenten, und ist es merkwürdig, daß diese Helligkeit, besonders anfangs, wechselte.

Die nächste Rückkehr des Bielaschen Kometen fand statt im Jahre 1859, aber das Gestirn konnte wegen der Lage seiner Bahn, wie die Rechnung zeigte, damals nicht beobachtet werden. Man mußte bis zum Winter 1865 bis 1866 warten, und die Zwischenzeit ward zur genauen Berechnung des Ortes am Himmelsgewölbe, wo der Komet erscheinen mußte, benutzt. Die Zeit der Wiederkehr kam, aber — der Komet blieb aus. Trotz aller Nachforschungen war das Gestirn nicht

wiederzufinden. Man kann sich denken, daß zahlreiche Vermutungen über die Ursache dieses Ausbleibens aufgestellt wurden, die wahrscheinlichste Annahme blieb aber immer die, daß sich der Komet bis zur Unsichtbarkeit aufgelöst oder zerteilt habe. Im Jahre 1872 mußte der Komet abermals zurückkehren, aber man fand ihn nicht. Da kam der 27. November und mit ihm ein großartiger Sternschnuppenschwarm. Tausende von Meteoren wurden zwischen 8 und 9 Uhr abends sichtbar. Durch frühere Untersuchungen von Schiaparelli, welche wir später kennen lernen werden, aufmerksam gemacht, kam Professor Klinkerfues in Göttingen auf die Idee, daß zur Zeit des Sternschnuppenfalles der Bielasche Doppelkomet sich in unmittelbarer Nähe der Erde befunden haben müsse. Eine kurze Überlegung zeigte ihm, daß nach dem Sternschnuppenfalle das Gestirn sich am südlichen Himmel in der Nähe des Sternes ϑ Centauri zeigen müsse. Ohne Zögern telegraphierte er nun nach Madras an den dortigen Astronomen Pogson: „Suchen Sie Bielas Komet bei ϑ Centauri!" Pogson fand in der That dort einen Kometen, und die Rechnungen von Th. v. Oppolzer zeigten hinterher, daß dieser Komet wahrscheinlich in der Bahn des Bielaschen einhergeht. Übrigens war es Pogson nicht gelungen, drei vollständige Beobachtungen des Kometen zu erhalten, da die Witterung sich ungünstig gestaltete. Oppolzer konnte daher nur unter gewissen Voraussetzungen die Bahnberechnung ausführen. Bruhns hat nun darauf hingewiesen, daß die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sei, der Pogsonsche Komet sei ein neuer und stehe nicht mit einem der beiden Bielas in Beziehung. Vielleicht ist die Bahn des Bielaschen Doppelgestirns von mehreren sehr kleinen und lichtschwachen Kometen besetzt.

Der große September-Komet von 1882, der in seinem Perihel durch die äußersten Regionen der glühenden Sonnenatmosphäre hindurchgegangen ist, zeigte in den darauf folgenden Wochen, seit Anfang Oktober, mehrere begleitende Nebelmassen, von denen man nur annehmen kann, daß sie sich von dem Hauptkometen abgetrennt hatten, besonders da sich vorher der Kern des Gestirns zuerst länglich, dann in zwei Teile zerfallen gezeigt hatte. J. Schmidt in Athen sah zuerst den Hauptkometen von einer verwaschenen, in ihrem Aussehen sehr veränderlichen Nebelmasse begleitet, die bald verschwand. Später erblickte Barnard in Nashville (N.A.) ungefähr ein halbes Dutzend kleiner nebeliger Massen etwa 8° von dem Hauptkometen entfernt, die jedoch nur an einem einzigen Abende gesehen werden konnten. Diese, auch von andrer Seite bestätigten Beobachtungen zeigen, daß der große Komet in der Nähe der Sonne eine teilweise Auflösung oder Zertrümmerung erlitten hat, sei dies nun infolge der Anziehung der Sonne oder der ungeheuren Glut, welcher er bei seinem Periheldurchgange ausgesetzt war und die zweifellos die gewaltigste Explosion auf dem Kern verursachte.

Die Spektralanalyse hat gestattet, bezüglich der Kometenerscheinungen noch einige Schritte weiter zu gehen, aber wir werden sofort sehen, daß damit neue Rätsel in Sicht treten, die erst eine mehr oder minder entfernte Zukunft lösen kann.

Der erste Komet, welcher spektroskopisch untersucht wurde, war der Komet I 1864, dessen Licht Donati in Florenz analysierte. Er fand das Spektrum zusammengesetzt aus drei hellen Streifen, und diese drei leuchtenden Banden sind bis

zum gegenwärtigen Jahr ausschließlich bei allen Kometen wahrgenommen worden. Wichtige Aufschlüsse durch das Spektroskop lieferte der Winnecke'sche Komet II 1868 in den Beobachtungen von Secchi und Huggins. Ein Vergleich des Kometenspektrums mit dem Spektrum des aus dem Olivenöl oder dem ölbildenden Gase durch die Hitze des elektrischen Funkens sich ausscheidenden Kohlenstoffs zeigt, daß eine große Ähnlichkeit beider nicht zu verkennen ist; die Linien des Wasserstoffs, welche in dem Spektrum des Ölgases außerdem noch vorkommen, waren in dem Spektrum des Kometen nicht sichtbar, so daß es scheint, daß man dieses Drei-Bandenspektrum dem Kohlenstoff und nicht einer stabilen Kohlenwasserstoffverbindung zuzuschreiben hat. Huggins fand nämlich dieselben drei Banden im Verein mit den Linien des Stickstoffs, als er elektrische Funken durch Cyanogen hindurchgehen ließ. Ebenso bleibt das Spektrum im wesentlichen dasselbe, wenn auch weniger vollständig, sobald Verbindungen des Kohlenstoffs mit Sauerstoff angewandt wurden. Professor Young hat 1871 das Spektrum des Encke'schen Kometen untersucht und fand wiederum die drei hellen Banden, von denen die mittlere am augenfälligsten war. Auch beim Komet V 1873 fand Vogel die drei hellen Banden. Der Vergleich dieses Spektrums mit demjenigen des Kohlenstoffs ergab eine bemerkenswerte Übereinstimmung beider.

Am 17. April 1874 entdeckte Coggia einen Kometen, der später ziemlich hell wurde und gute spektroskopische Beobachtungen gestattete. Es fanden sich wiederum die charakteristischen drei hellen Banden, daneben aber zeigte sich ein schwaches kontinuierliches Spektrum, welches vielleicht von dem Lichte des Kerns herrührt.

Faßt man alles zusammen, was die spektroskopischen Beobachtungen des Kometen bis zum Anfange des Jahres 1882 gelehrt haben, so ergibt sich, daß das Spektrum aus drei hellen Banden besteht, die gegen Rot hin scharf begrenzt, gegen Violett hin verwaschen sind. Diese Banden sind nach Lage und Helligkeit denjenigen sehr analog, welche das Spektrum glühender Kohlenwasserstoffe zeigt, und sonach werden wir uns nicht wundern zu vernehmen, daß die Spektroskopiker zu dem Schlusse gelangten, in den Kometenköpfen seien Kohlenwasserstoffe im Zustande des Glühens vorhanden.

Bis zum Anfange des Jahres 1882 waren ungefähr 20 Kometen spektroskopisch untersucht worden und alle hatten das oben beschriebene Dreibandenspektrum des Kohlenstoffs gezeigt, und hiernach konnte man mit gutem Grunde annehmen, daß dieses Spektrum überhaupt für alle Kometen als typisch anzusehen sei. Allein dieser Schluß hat sich nicht als richtig erwiesen, wie der von Wells 1882 entdeckte Komet lehrte.

Die Bahnberechnung dieses Kometen durch E. Lamp ergab zunächst folgende Elemente:

Durchgang durch die Sonnennähe	1882 Juni 10. 56 38 m. Zeit v. Berlin,
Länge des Perihels	53° 54′ 40″
„ „ aufst. Knotens . .	204 54 49
Neigung der Bahn	73 47 29
Kleinster Abstand von der Sonne	0 0607 = 1 1/5 Million Meilen.

Die beträchtliche Annäherung des Kometen an die Sonne ist sehr merkwürdig, und infolgedessen mußte seine Helligkeit zur Zeit der Sonnennähe bedeutend werden, ja man durfte vermuten, daß der Komet um diese Zeit am Tage neben der Sonne sichtbar werde. Dieser Fall ist an und für sich selten. Von älteren Erscheinungen ist in Beziehung der im August 363 in Europa und China gesehene Komet zu erwähnen, der nach dem Zeugnisse des Ammianus Marcellinus am hellen Tage sichtbar gewesen sein soll. Ebenso erwähnen mehrere Chronikschreiber, daß ein im Jahre 1106 erschienener Komet am 4. Febr. in der unmittelbaren Nähe der Sonne gesehen worden sei. Von dem ersten Kometen des Jahres 1402 wird behauptet, er habe Ende März einen solchen Glanz entwickelt, daß sein Schweif selbst zur Mittagszeit in bedeutender Erstreckung gesehen worden sei. Der von Klinkenberg entdeckte Komet von 1742 wurde am 1. März des folgenden Jahres von verschiedenen Personen um 1 Uhr nachmittags mit unbewaffnetem Auge erkannt. Den großen Komet von 1843 sah man am 28. Februar jenes Jahres bei hellem Sonnenschein in Parma und Bologna, zu einer Zeit, als er nach Amicis Messung nur 1° 23' östlich vom Zentrum der Sonnenscheibe stand. Ein von Hind entdeckter Komet murde vom Entdecker am 30. März 1847 nahe bei der Sonne gesehen, aber im Fernrohr, nicht mit bloßem Auge; ebenso konnte J. Schmidt den Klinkerfuesschen Kometen von 1853 an 6 Tagen, im Abstande von 15° bis 8° von der Sonne, zu Olmütz bei hellem Sonnenschein sehen, jedoch auch nicht mit bloßem Auge, sondern am Refraktor. Endlich soll der Donatische Komet 1858 am 4. Oktober am Tage im Fernrohr sichtbar gewesen sein. Das sind sämtliche Kometen, von denen behauptet oder erwiesen ist, daß sie bei Tage in unmittelbarer Nähe der Sonne gesehen werden konnten. Der Komet Wells ist nun auch wirklich am 10. Juni in Athen und Greenwich, 3° 3' vom nächsten Sonnenrande abstehend gesehen worden, aber freilich nicht mit bloßem Auge, sondern im Fernrohr und auch dann noch sehr schwierig und als verwaschener weißer Punkt. Keine Spur eines Schweifes und keinerlei Ausströmung zeigte sich.

Zahlreiche Beobachter fanden während des Monats Mai in dem Spektrum des Kometen die bekannten drei hellen Banden, jedoch waren dieselben merkwürdigerweise weit schwächer, als man nach der Helligkeit der Kometen erwarten durfte. Am 31. Mai erkannten Professor Vogel in Potsdam und der königliche Astronom Christie in Greenwich, daß auf dem kontinuierlichen Hintergrunde des Spektrums eine intensive gelbe Linie sichtbar war, deren Zusammenfallen mit der doppelten Natriumlinie sich sofort ergab. Diese Übereinstimmung hat Vogel auf sehr einfache Art dadurch konstatiert, daß er, während das Fernrohr mit dem Spektroskop auf den Kometen gerichtet war, vor das Objektiv eine Natriumflamme halten ließ, deren Licht nun gleichzeitig mit dem vom Kometen ausgehenden Lichte auf den Spalt des Spektroskops gelangte.

Die Natriumlinien waren übrigens nicht nur im Spektrum des Kometenkerns sichtbar, sondern erschienen auch recht intensiv in andern Teilen des Kometen. Das von den glühenden Natriumdämpfen ausgehende Licht überragte an Intensität das sonstige eigne und das reflektierte Licht des Kometen so sehr, daß der Komet

ohne Spektroskop gelblich erschien, und als Professor Vogel am 6. Juni den Spalt am Spektroskope weit öffnete, erschien, wie bei den Beobachtungen von Protuberanzen, die volle Form des Kometen in gelbem Lichte.

Christie in Greenwich hat das Spektrum des Kometen zuerst am 24. April beobachtet; es zeigte damals zwei wenig hervortretende hellere Stellen im Grün und Grünblau. Am 13. Mai wurde eine hellere Bande nahe der Linie E vermutet. Der Schweif zeigte ein schwaches kontinuierliches Spektrum, das jedoch nur im Grün sichtbar war. Am 31. Mai wurden im Spektrum des Kerns zwei dunkle Banden nahe bei F gesehen, ferner zeigte sich ein hellerer Streifen im Rot und eine dunkle Bande nahe bei D gegen Blau hin. An demselben Tage erblickte Christie auch zuerst die helle gelbe Linie im Spektum des Kometenkopfes und fand am 8. Juni, daß sie bedeutend an Lichtstärke gewonnen habe. Im Fernrohr erschien der Kern des Kometen orangefarben.

Huggins ist es gelungen, das Spektrum dieses Kometen zu photographieren; am 31. Mai erhielt er eine Photographie nach einer Expositionsdauer von 1 $^1/_4$ Stunde. Zum Vergleich wurde auf derselben Platte das Spektrum von α im großen Bären photographiert. Das Kometenspektrum zeigt sich lebhaft und kontinuierlich von F bis etwa über H hinaus. Fraunhofersche Linien lassen sich darin nicht erkennen. Der Spalt des Spektroskops war beim Photographieren noch etwas weiter geöffnet worden als im gleichen Falle bei dem Kometen des Jahres 1881. Hierdurch müssen die Linien etwas weniger scharf werden, aber im Sternspektrum von α des großen Bären, das unter den gleichen Verhältnissen aufgenommen wurde, sind die Linien G und H sehr gut zu sehen. Hieraus schließt Huggins, daß der Teil des ursprünglichen Kometenlichts, welches ein kontinuierliches Spektrum gibt, im Vergleich zum reflektierten Sonnenlichte viel bedeutender war beim gegenwärtigen Kometen als bei demjenigen des Jahres 1881, und daß deshalb die dunklen Fraunhoferschen Linien nicht sichtbar sind.

Zu Pulkowa wurde der Komet anfangs von Hasselberg spektroskopisch untersucht. Auch dieser sah die helle gelbe Linie und überzeugte sich vom Zusammenfallen derselben mit der Natriumlinie, während von den gewöhnlichen Banden nicht die geringste Spur mehr wahrgenommen werden konnte. Da diese letzteren nach der ersten Hälfte des Mai von Bredichin, v. Konkoly und Vogel gesehen wurden, so hat bei dem Kometen seit Ende Mai eine völlige Umänderung des Spektrums stattgefunden. Um diese zu verstehen, muß man sich an gewisse Experimente, welche im physikalischen Kabinette angestellt wurden, wenden. Bringt man in eine Geißlersche Röhre Natrium, welches mit Naphtha getränkt worden ist, pumpt dann die Luft aus der Röhre und läßt hierauf den Strom eines großen Ruhmkorffschen Induktionsapparates, der in Verbindung mit einer Leidener Flasche gebracht ist, hindurchgehen, so erblickt man ein intensives Spektrum des verdampften Kohlenwasserstoffs. Erhitzt man nun die Röhre, um auch das Natrium zu verdampfen, so erscheint anfänglich das Kohlenwasserstoffspektrum verstärkt, aber sobald alles Natrium verdampft ist, verschwindet das Spektrum des Kohlenwasserstoffs fast vollständig, während die gelbe Natriumlinie äußerst lebhaft glänzt. Nimmt die Wärme ab, so

daß die Natriumdämpfe sich kondensieren, so wird das Spektrum derselben immer schwächer, während dasjenige des Kohlenstoffs wieder lebhafter hervortritt. Man ersieht hieraus, daß bei einem Gemisch von Dämpfen des Natriums und Naphthas, das Natrium allein den Strom leitet. Wenn man also voraussetzt, daß die Lichterscheinungen des Kometen wenigstens zum größten Teile durch elektrische Entladungen innerhalb seiner Materie entstehen, so wird die Analogie mit den Spektralerscheinungen gemischter Dämpfe augenfällig. Hasselberg kommt daher zu dem Schlusse, daß in dem Kometen Wells unter dem Einfluß der Sonnenhitze das darin enthaltene Natrium verdampfte, und daß die beobachteten Licht- und Spektralerscheinungen hauptsächlich durch elektrische Entladungen in dem Kometen hervorgerufen wurden.

Es ist in mehr als einer Beziehung auffällig, daß kurze Zeit nach dem Sichtbarwerden des Kometen Wells wiederum ein Komet in der Nähe der Sonne entdeckt worden ist, nämlich zur Zeit der totalen Sonnenfinsternis am 17. Mai 1882 in Ägypten. Dieser Komet erscheint auf den drei Photographien, welche die englische Expedition zur Zeit der Totalität aufnahm, ganz nahe beim Sonnenrande. Man könnte dieses Zusammentreffen als ein zufälliges betrachten, indem der zweite Komet ohne das Eintreten der Sonnenfinsternis gewiß nicht bemerkt worden wäre und vielleicht stets Kometen nahe bei der Sonne vorhanden sind. Allein durchaus eigentümlich ist es, daß am 11. September Cruls auf der Sternwarte Rio de Janeiro abermals einen Kometen nahe bei der Sonne auffand, den er mit bloßen Augen erkennen konnte. Dieser Komet wurde etwas später auch in Nizza mit bloßen Augen gesehen, sowie unabhängig von Common in Ealing entdeckt. Prof. E. Weiß hat, gestützt auf die Beobachtungen zu Aberdeen, Rom und Wien, die Berechnung der Bahn dieses Gestirnes ausgeführt und folgende Elemente gefunden:

Durchgang durch die Sonnennähe	1882 Sept. 16. 5^h m. Zeit v. Berlin,
Länge des Perihels	78^0 42′
„ „ aufst. Knotens . . .	350 44
Neigung der Bahn	143 12

Kleinster Abstand von der Sonne = $^2/_3$ Mill. Meilen.

Dieses Ergebnis ist sehr merkwürdig, denn es zeigt eine gewisse Übereinstimmung der Bahn mit derjenigen des großen Kometen vom Jahre 1668. Die spektroskopischen Beobachtungen, welche in Nizza und Aberdeen angestellt wurden, ließen ein helles kontinuierliches Spektrum erkennen, in welchem die gelbe Doppellinie D des Natriums sehr glänzend hervortrat. Diese Wahrnehmungen unterstützen in hohem Grade die oben mitgeteilte Hypothese von Hasselberg.

Dem Astronomen D. Gill auf der Kapsternwarte gelang es, wie ich schon früher mitteilte, diese Kometen an verschiedenen Tagen im Oktober und November zu photographieren. Ich führe seine Aufnahme vom 13. November hier in getreuer Nachbildung vor. Der Leser wird staunen über die große Zahl von Sternen, die sich rings um den Kometen befinden und von denen ungefähr 50 im Schweif desselben stehen. Der Vergleich mit dem Himmel zeigt, daß sehr viele dieser Sterne, welche die photographische Platte fixierte, zur 9. Größenklasse gehören.

In dem fast gleichzeitigen Auftreten von drei verschiedenen Kometen in der unmittelbaren Nachbarschaft der Sonne nur einen Zufall zu erkennen, wäre sehr kurzsichtig, aber ebensowenig wissenschaftlich würde es sein, schon jetzt eine erklärende Hypothese hierüber aufstellen zu wollen. Man kann für jetzt eben nur auf die Thatsache selbst und eine dahinterliegende noch unbekannte Ursache hindeuten, weiteres muß der Zukunft überlassen bleiben.

So sind also die Wunder der Kometenwelt durch die wissenschaftliche Forschung allerdings nicht geschwunden; aber ihre Bedeutung haben sie gewechselt. Solange die Kometen noch als Lufterscheinungen galten, war ihre Bedeutung Unheil und Schrecken. Sie waren göttliche Vorboten irdischer Landplagen, Strafruten des erzürnten Gottes. Pest und Krieg, Mißwachs und Hungersnot kündigten sie an. Alte Schriftsteller wissen, wenn sie von der Erscheinung eines Kometen berichten, immer auch von traurigen Begebenheiten zu erzählen, die sie mit sich führten. Nun, es gibt ja der Leiden genug unter der Sonne, als daß ein Komet nicht seufzende Menschen antreffen sollte. Man sollte also denken, es könne gar nicht schwer fallen, für jeden am Himmel erscheinenden Kometen auch eine auf Erden erscheinende Plage ausfindig zu machen, zumal wenn man sich nicht streng an ein bestimmtes Land hält und den Begriff einer Plage nicht bloß auf Krankheiten und Kriege beschränkt, sondern auch auf Hitze und Kälte, Stürme und Hagelschlag, Erdbeben und vulkanische Ausbrüche, Überschwemmungen und Heuschreckenschwärme ausdehnt. Gleichwohl hat der englische Arzt Forster, der noch im Jahre 1829 eine solche Zusammenstellung von 500 Kometenerscheinungen

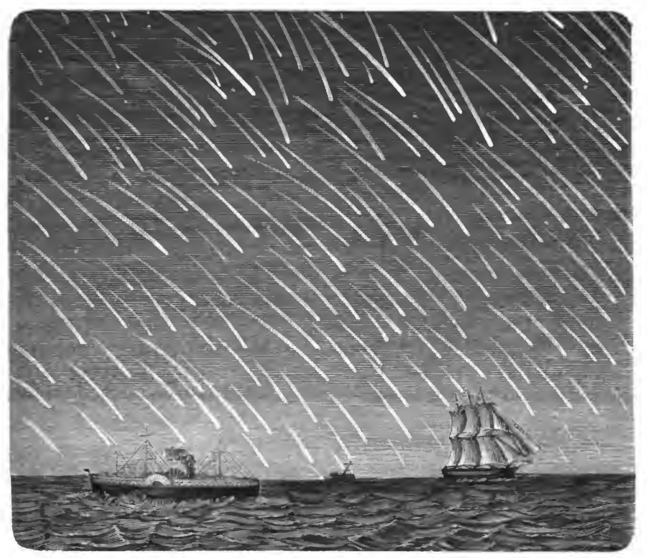


Nachbildung einer direkten Photographie des großen Kometen von 1882, aufgenommen am 13. November von D. Gill auf der Kapsternwarte.

und ihren Unheilswirkungen unternahm, für den großen Kometen von 1680, der doch so nahe bei der Erde vorüberging, kein andres Unheil aufzufinden vermocht, als — einen heißen Sommer und einen kalten Winter! Ja an den Kometen von 1668 wußte er vollends nur — ein Sterben der Katzen in Westfalen, an einen andern den Fall eines Meteorsteines und die Zertrümmerung eines Uhrwerkes in Schottland, an einen dritten das Erscheinen großer Züge wilder Tauben zu knüpfen. Wir lachen jetzt über den Aberglauben der alten Zeit, über die öffentlichen Gebete, mit welchen die mittelalterlichen Päpste die Kometen zu vertreiben hofften, über die Erbauung von Kirchen und Klöstern, durch welche Ludwig der Fromme den Kometen von 837 zu beschwichtigen glaubte. Noch soll das Läuten der Glocken zur Mittagszeit in katholischen Ländern seinen Ursprung aus einer päpstlichen Verordnung herleiten, welche der Komet von 1456 veranlaßte, und sogar der Gebrauch, einem Niesenden „Zur Genesung!" zuzurufen, soll nach dem Chronisten von einer durch den Kometen von 590 verursachten Pest herrühren, in welcher ein heftiges Niesen als Anzeichen des nahen Todes galt.

Die Wissenschaft hat die Kometen zu dem Range von Weltkörpern erhoben; das Publikum sieht nicht mehr in ihnen Zuchtruten eines zornigen Gottes, wohl aber Vorboten eines Weltunterganges. Die Gewißheit, daß uns innerhalb unsrer Planetenbahnen regelmäßig wiederkehrende Kometen heimsuchen, die Verschiedenheit der einzelnen Kometenkörper, welche beträchtliche Abstufungen in der Dichtigkeit des Kernes vermuten läßt: dies überbietet noch die Befürchtungen, welche frühere Jahrhunderte vor brennenden Schwertern und vor einem durch Haarsterne angedrohten Weltbrande hegten.

Es ist wahr, die Wissenschaft kann nicht leugnen, daß möglicherweise ein Komet einmal mit unsrer Erde zusamenstoße, aber keine der bekannten Kometenbahnen hat eine solche Lage, daß ein Zusammentreffen mit dem Kopfe des Kometen zu erwarten wäre. Mit den Schweifen gewisser Kometen ist die Erde aller Wahrscheinlichkeit nach bereits in den Jahren 1819 und 1823 zusammengetroffen, und selbst das nahe Zusammenkommen unsres Planeten mit dem berüchtigten Bielaschen Kometen am 27. November 1872 hat sich nur als ein harmloser Sternschnuppenregen dargestellt. Die Wirkungen eines Zusammenstoßes der Erde mit dem Kerne eines Kometen kann man sich indessen meiner Ansicht nach nicht schrecklich genug vorstellen. Es ist unzweifelhaft, daß dadurch in grausenhafter Weise der Untergang des ganzen Menschengeschlechts, ja des gesamten höheren organischen Lebens an der Erdoberfläche herbeigeführt würde. Dieser Schluß ist so sicher als irgend eine astronomische Wahrheit! Man hat früher häufig ziffernmäßig die Unwahrscheinlichkeit des Zusammenstoßes eines Kometenkopfes mit der Erde aufgezählt, aber solche Unwahrscheinlichkeit ist durchaus nicht identisch mit einer Unmöglichkeit. Meiner Ansicht nach besteht die größte Beruhigung — wo es einer solchen bedarf — darin, daß keine Andeutung in der Vergangenheit der Erde uns Kunde gibt von einem Zusammenstoße dieses Weltkörpers mit einem Kometenkerne oder der Hülle, welche denselben umgibt.



Sternschnuppenfall am Kap von Florida gesehen.

Achtes Kapitel.

Die Meteor-Asteroiden.

> Aus der Höhe schoß ich her
> Im Stern- und Feuerscheine,
> Liege nun im Grase quer:
> Wer hilft mir auf die Beine?

Ist es denn überhaupt möglich, werden wir denken, daß in einem so wohlgeordneten Systeme, für das wir doch unser Planetensystem nach allem, was darüber erforscht ist, zu halten berechtigt sind, Weltkörper aufeinanderstoßen und einander mit ihren Bruchstücken überschütten können? Ich befinde mich in einiger Verlegenheit, wie ich jetzt, nachdem ich mir ernstliche Mühe gegeben habe, dem Leser das Zusammentreffen der Kometen mit der Erde oder mit irgend einem Planeten überhaupt als unwahrscheinlich darzustellen, seinen Glauben für eine ganz ähnliche Thatsache in Anspruch nehmen soll. Wenn er mir aber für einige Minuten in ein mineralogisches Kabinett folgen wollte, so kann ich ihm dort die Beweise dafür vorlegen. Ich würde ihm eine Sammlung von hundert und etlichen Steinen zeigen, grauen oder schwarzen, ganz unscheinbaren Steinen, die wir mit unsern Händen betasten, wägen, mit Hammer und Schlegel bearbeiten könnten. Letzteres würde uns freilich nicht gestattet werden; denn es sind kostbare Steine, seltenere Schätze als die Juwelen der reichsten Fürsten. Es sind vom

Himmel herabgefallene Steine. So wunderbar das klingt, es liegen unzweifelhafte Beweise dafür vor, chemische, mineralogische, und das Augenzeugnis derer, vor denen sie niederstürzten. Diese schwarzen Meteorsteine sind fremde Weltkörper oder doch Bruchstücke von solchen, jetzt gefangen und in Kästen verschlossen, einst in schrankenloser Freiheit durch die öden Welträume ziehend. Es sind Sterne, die der Astronom nicht nötig hat, wie andre mit Fernrohren aufzusuchen, um sie doch nur dürftig zu erkennen, die vielmehr freiwillig auf der Erde einkehren, die der Wissenschaft gleichsam in den Schoß geflogen kommen, um unter Hammer und Lötrohr und Mikroskop Rechenschaft zu geben von Zuständen jenseit unsrer Atmosphäre, Kunde zu bringen von der Physik des Himmels.

Daß Steine vom Himmel fallen könnten, wurde noch vor 80 Jahren zu den Mythen und Fabeln des Volksglaubens und der Vorzeit gezählt. Allerdings berichtete die Geschichte seit Jahrtausenden von gefallenen Sternen, ja von ganzen Felsmassen, die sich vom Himmel zur Erde gesenkt hätten. Mongolische Sagen erzählen von einer 13 m hohen schwarzen Eisenmasse, die unter Feuererscheinungen an den Quellen des Gelben Flusses im westlichen China vom Himmel gefallen sei. Die Araber bewahren zwei schwarze vom Himmel gefallene Steine in der Kaaba zu Mekka, die nach Burton, der sie genau besehen hat, wahre Meteorsteine sind. Plutarch berichtet von einem ungeheuren Steine, der im Geburtsjahre des Sokrates in den Ägospotamos gefallen sei und das Gewicht einer vollen Wagenlast gehabt habe. Die Chroniken des Mittelalters wissen von zahlreichen ähnlichen Steinfällen. So fiel im zehnten Jahrhundert ein Stein in den Fluß Narni in Italien, der noch eine Elle hoch über das Wasser hervorragte. Im September 1511 wurde bei Crema unweit der Adda in Oberitalien sogar ein Mönch von einem Meteorsteine erschlagen. Hunderte solcher Steine waren bereits gefallen; fast alljährlich war in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ein solches Ereignis berichtet worden, Menschen waren erschlagen, Häuser in Brand gesteckt worden, und noch immer beharrte die Wissenschaft in vornehmer Zweifelsucht, behauptete im Widerspruch mit den klarsten Thatsachen, daß es unmöglich aus der Atmosphäre herabfallende Steine geben könne. Noch im Jahre 1769 hatte die Pariser Akademie der Wissenschaften sonderbarer Weise erklärt, daß der im Augenblicke seines Herabfallens am 13. September 1768 in der Nähe von Lucé aufgehobene Stein, den mehrere Personen mit den Augen bis zu dem Punkte, wo er den Boden erreichte, verfolgt hatten, nicht vom Himmel gefallen sei; noch im Jahre 1790 war von der Munizipalität zu Juillac im Departement des Landes ein Protokoll aufgenommen worden, welches aussagte, daß am 24. Juli jenes Jahres eine Menge von Steinen auf die Felder, Dächer und Straßen des Dorfes herabgefallen sei, und gleichwohl behandelten die gesamten damaligen Zeitungen diese Erzählung als lächerlich und des Mitleids nicht bloß der Gelehrten, sondern aller Vernünftigen wert. Da erfolgte am 26. April 1803 der berühmte Steinfall bei l'Aigle im Departement de l'Orne. Um 1 Uhr nachmittags erblickte man in der Umgegend von Caen, Alençon, Falaise und Verneuil bei ganz reinem Himmel eine große Feuerkugel.

Wenige Augenblicke darauf vernahm man bei l'Aigle in weitem Umkreise aus einem kleinen, dunklen, fast unbeweglichen Wölkchen eine heftige, 5—6 Minuten andauernde Explosion, welcher einige Kanonenschüsse und ein Getöse wie von Kleingewehrfeuer folgten. Bei jeder Explosion schienen sich Dämpfe von dem Wölkchen abzulösen, und es fielen nun zugleich über einer Fläche von $1^1/_4$ Meile Länge und $^1/_4$ Meile Breite zahlreiche heiße, aber nicht mehr glühende Steine, deren größter $8^3/_4$ kg wog. Ein Akademiker selbst, Biot, hatte die Erscheinung untersucht und Bericht davon erstattet. Jetzt endlich war der akademischen Zweifelsucht ein Ende gemacht.



Meteorstein, gefallen zu Juvenas in Südfrankreich am 15. Juni 1821.

Seit jener Zeit sind fast alljährlich Meteorsteine, zum Teil vor den Augen der Gelehrten gefallen, und die Wissenschaft hat sich nun auch der einzelnen Umstände, unter denen diese Ereignisse stattfinden, bemächtigt. Nur in seltenen Fällen stürzen die Steine aus heiterem Himmel ohne vorangegangene Bildung einer dunklen Meteorwolke, ohne begleitende Lichterscheinung, aber unter furchtbarem Krachen nieder, wie bei dem großen Steinfall von Klein-Wenden, unweit Mühlhausen am 16. September 1843. Häufiger ist es ein plötzlich sich bildendes dunkles Gewölk, welches die Steine schleudert, wie bei den erwähnten Ereignissen von Barbotan und Juillac und dem von l'Aigle. Am häufigsten zeigt sich die Erscheinung im Zusammenhang mit glänzenden Feuerkugeln. So war es bei Braunau in Böhmen am 14. Juli 1847 eine weithin sichtbare Feuerkugel, welche Bruchstücke in einem Gesamtgewichte von fast 4 Zentnern zur Erde schleuderte, die 1 m tief in den Boden eindrangen und nach sechs Stunden noch so heiß waren, daß man sie nicht anrühren konnte.

Die Zahl der mit dem genauen Datum des Herabsturzes festgestellten Meteorsteinfälle beläuft sich gegenwärtig nach dem im ersten Bande meines Hand-

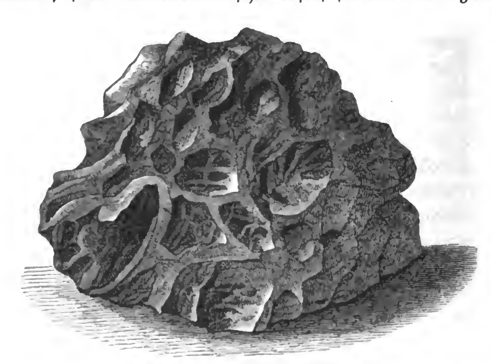
buches der allgemeinen Himmelsbeschreibung gegebenen Kataloge, der bis zum Ende des Jahres 1869 reicht, auf 307*). Wir müssen aber bedenken, daß dies nur ein kleiner Bruchteil der wirklich stattgefundenen Fälle ist. Die Beobachtung und Aufzeichnung dieser Ereignisse reicht ja nur in wenige Jahrhunderte hinauf, und heute sind es nur die zivilisierten Länder, also der kleinste Teil des Erdbodens, auf welchem sie sich thatsächlich feststellen lassen. Zwei Dritteile aller gefallenen Steine verbirgt überdies das Meer, und noch mehr mögen von den oberen Schichten unsrer Erdrinde bedeckt sein. Eine überaus merkwürdige und zur Zeit noch nicht zu erklärende Erscheinung ist der wiederholte Fall von Meteorsteinen nahe denselben Orten der Erde. So stand am 21. August 1877 ein Gymnasialschüler mit einem Papierdrachen auf einem Platze in Hanau, als er am Finger von einem kleinen Kügelchen getroffen wurde, das sich heiß anfühlte und zischend in ein Wasserloch fiel. Der Knabe nahm das Steinchen mit und es erwies sich als ein 0,4 Gramm schwerer kleiner Meteorit mit glasähnlichen Einsprengungen. Am 28. August fiel dann ein kleiner Meteorstein durch das offenstehende Fenster eines Hauses in Köln; er hatte die Größe einer Bohne und war kurz nach dem Falle noch so heiß, daß man ihn nicht berühren konnte. Unlängst hat Eduard Döll auf eine merkwürdige Fallzone von Meteoriten aufmerksam gemacht, welche sich zwischen 19° und 24° östl. L. von Greenwich erstreckt auf einem Streifen, der von Rußland durch Ungarn nach der Türkei führt. In dieser Zone liegen, so viel bis jetzt bekannt, 16 durch Meteorsteinfälle ausgezeichnete Lokalitäten, und ihr gehören von den aus Österreich in den letzten 25 Jahren bekannt gewordenen 8 Meteoritenfällen 6 an, worunter jener von Knyahinya, welcher neben mehr als 2000 kleinen den größten bis jetzt bekannten Meteorstein geliefert hat. In dieser Zone fand sich auch das Eisen von Lenarto, dessen Fallzeit unbekannt ist. Und nicht nur durch die Zahl der Meteoritenfälle macht sich die Zone bemerkbar, sondern auch durch die Menge und das Gesamtgewicht der Steine, die auf ihr niederfielen. Zu Knyahinya, Pultusk, Soko Banja und Mócs hat es fast buchstäblich Steine geregnet! Wenn ich nun noch hinzufüge, daß nach Lawrence Smyth auch in Nordamerika eine Zone mit zahlreichen Meteoritenfällen sich wahrnehmen läßt, nämlich die westliche Präriegegend bei Louisville in Kentuky (wo von 12 Meteorsteinfällen, die in den letzten 18 Jahren in der Union stattfanden, 8 mit über 1000 Kilogramm Gesamtgewicht herabstürzten), so wird man zugeben, daß hier von einem Zufalle nicht die Rede sein kann. So verlockend es aber auch scheinen mag, an einer Deutung dieser Erscheinung den eignen Scharfsinn zu versuchen, so muß solche doch der Zukunft anheimgegeben werden. Unter den aufgefundenen Meteorsteinen oder Aërolithen sind einige von außerordentlicher Größe. So hatte der bei Vouillé im Jahre 1831 niedergefallene Stein ein Gewicht von 20 kg, der bei Chantonnay im Jahre 1812 gefallene ein Gewicht von 34 kg. Der Meteorstein von Juvenas, der im Jahre 1821 fiel, wiegt 92 kg und der bei Ensisheim im Elsaß gefundene 138 kg. Zu Santa Rosa in Neu-Granada

*) Siehe Klein, Handbuch der Himmelsbeschreibung, Bd. I, S. 290—294.

stürzte im Jahre 1810 ein Stein nieder, dessen Gewicht 750 kg und dessen Inhalt fast drei Kubikfuß beträgt. Durch die Kennzeichen, welche in neuerer Zeit eine genauere physikalische und chemische Untersuchung der Meteorsteine geliefert hat, ist man berechtigt, mit großer Wahrscheinlichkeit auch auf den meteorischen Ursprung einiger andern Massen zu schließen, die man in verschiedenen Teilen der Erde gefunden hat. So werden zwei große Steine für meteorischen Ursprungs gehalten, die im Bezirke von Santiago del Estera in den Laplata-Staaten liegen und die eine Länge von 2 bis $2^1/_2$ m haben. Andre meteorische Massen, zum Teil von bedeutender Größe, hat man am Red-River in Nordamerika gefunden. Auch die 1600 kg schwere nickelhaltige Masse, die man in der Gegend von Bitburg in der Eifel gefunden hat, ist ziemlich unzweifelhaft meteorisch. Kapitän Roß fand an der Nordküste der Baffinsbai zwei große Steinmassen, die mit Eisenstücken gemengt sind, aus denen die Eskimos ihre Waffen schmieden sollen. Man hat Messer und Harpunen jener Eskimos untersucht und in der That einen bedeutenden Nickelgehalt des Eisens nachgewiesen — ein gewichtiges Zeugnis für den meteorischen Ursprung. Im Jahre 1808 entdeckte v. Widmannstätten, daß abgeschliffene Stellen von Meteoreisen, sobald sie mit Salpetersäure geätzt werden, eigentümliche, unter verschiedenen Winkeln sich schneidende Linien zum Vorschein treten lassen. Man nennt diese Linien nach ihrem Entdecker die Widmannstättschen Figuren, und sie bilden ein wichtiges Kriterium zur Entscheidung, ob eine im Boden gefundene Eisenmasse meteorischen Ursprunges ist oder nicht. Solcher Massen, die sich als Meteorite von unbekannter Fallzeit erwiesen haben, kennt man gegenwärtig eine große Menge. Zu den interessantesten derselben gehört das Eisen von Lenarto in Ungarn, das man im Jahre 1814 in einem Walde bei jenem Orte fand. Der englische Chemiker Graham hat in neuerer Zeit ein Stück dieser Eisenmasse genau untersucht und gefunden, daß es sein dreifaches Volumen eines Gases enthielt, welches aus 86 Proz. Wasserstoff und $4^1/_2$ Proz. Kohlenoxyd besteht. Diese Entdeckung ist um so merkwürdiger, als es auf künstlichem Wege durchaus nicht gelingt, einer Eisenmasse Wasserstoff in dem angegebenen prozentischen Verhältnisse beizubringen. Neuere Untersuchungen, welche Wright bei 5 Eisen- und 5 Steinmeteoriten anstellte, ergaben, daß die Steinmeteoriten stets sehr bedeutende Mengen von Kohlensäure einschließen, während bei den Eisenmeteoriten diese immer gering ist, während Wasserstoff bei beiden den Hauptbestandteil der eingeschlossenen Gase bildet. Woher stammen diese Gase? In unsrer Atmosphäre sind sie durchaus nicht in dem Maße vorhanden, daß ein Meteorit sich damit beladen könnte, ja wie erwähnt vermögen wir nicht einmal künstlich einem Meteorstein so große Gasmengen beizubringen. Wir stehen hier also vor einem noch ungelösten Rätsel, dessen dereinstige Enthüllung wichtige Ergebnisse für die Zustände gewisser Teile des Weltraumes in größerer oder geringerer Entfernung von der Erdoberfläche verspricht.

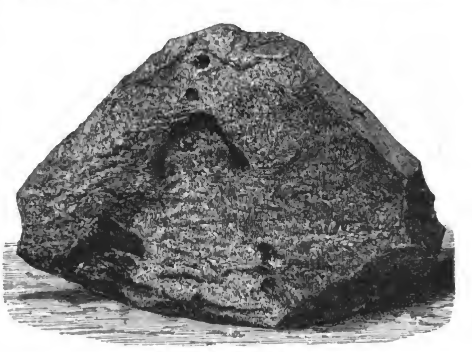
Im allgemeinen zeigen die Meteorsteine, in welcher Gegend der Erde sie auch niedergefallen sein mögen, in ihrem Äußern eine gewisse physiognomische Übereinstimmung. Fast immer haben sie einen dünnen, schwarzen, glänzenden und

dabei geäderten Überzug, fast immer zeigen sie in ihrem Bruche breite, gekrümmte Flächen und abgerundete Ecken. Gleichwohl ist ihre Mannigfaltigkeit bei näherer Untersuchung noch auffallender. Es dürfte kaum möglich sein, zwischen dem Meteoreisen, aus dem man Waffen schmieden konnte, und jenen zusammengebackenen erdigen oder kohlenartigen Massen mit wenigen darin zerstreuten Metallbrocken eine Verwandtschaft zu entdecken. Es gibt Steine, die 96 Prozent, und andere, die nur 2 Prozent Eisen enthalten, und noch andre, die keine Spur von metallischer Beimengung zeigen, die nichts als ein kristallinisches Gemenge von Olivin, Augit und Anorthit oder gar von Hornblende und Albit oder Labrador sind. Das eigentliche Meteoreisen, dessen Herabsturz zwar nur in seltenen Fällen, wie bei Braunau im Jahre 1847 und bei Agram am 26. Mai 1751, hat beobachtet werden können, ist kein reines metallisches Eisen, sondern eine Legierung von Eisen und Nickel, wie sie der Erdrinde durchaus fremd ist. Dieser Nickelgehalt gilt daher mit Recht als ziemlich sicheres Kennzeichen für die meteorische Beschaffenheit einer solchen Masse. Damit ist aber stets, wenn auch in geringer Menge, eine andre noch fremdartigere Verbindung des Eisens und Nickels mit Phosphor verknüpft. In den eigentlichen Meteorsteinen kommt dieses Meteoreisen meist nur in Körnern und Splittern, in einer scheinbar gleichmäßigen, aus Olivin, Augit und Feldspatsubstanz gebildeten Grundmasse eingesprengt vor, gestaltet sich aber doch bisweilen auch zu einem zusammenhängenden inneren Eisenskelett. Die eisenfreien Meteorsteine, die nicht einmal immer Olivin und Magneteisen enthalten, bieten eine merkwürdige Ähnlichkeit mit gewissen älteren Trappgesteinen der Erde, mit Doleriten und Dioriten, ja sogar mit jüngeren vulkanischen Erzeugnissen, mit Basalten und neuen Laven dar. Bis jetzt hat man, nach Gustav Rose, der sich am eingehendsten mit der mineralogischen Zusammensetzung der Meteorite beschäftigt hat, folgende Mineralien in ihnen aufgefunden: gediegenes Eisen, etwas nickelhaltig; Tänit, ein noch nickelhaltigeres Eisen; Schreibersit, eine eigentümliche Verbindung von Phosphor, Nickel und Eisen; Rhabdit, ein Nickeleisen, dem vorhergehenden ähnlich; Graphit; Trollit oder Einfachschwefeleisen; Magnetkies; Chromeisenerz; Quarz; Olivin, derb und kristallisiert; Shepartit; Augit; Anorthit.



Ein Stück des Braunauer Meteoreisens.

Die unverkennbaren Spuren einer Wirkung des Feuers, die man an diesen Steinen entdeckte, die Feuererscheinungen, welche so häufig ihr Auftreten auf der Erde begleiteten, führten schon vor längerer Zeit auf den Gedanken, diese Steine als vulkanische Auswürflinge eines fernen Himmelskörpers, namentlich des Mondes, zu betrachten. Wir haben in die gewaltigen Kratertiefen des Mondes hinabgeblickt und uns von der vulkanischen Thätigkeit des Mondes wenigstens in der Vorzeit überzeugt. Es fragt sich also nur, ob ein so seltsamer Verkehr zwischen zwei Weltkörpern überhaupt möglich ist. Wir begreifen, daß es im Bereiche der Rechnung liegt, nachzuweisen, in welchem Abstande von der Mondoberfläche eine Ausgleichung zwischen der Schwerkraft des Mondes und der Anziehungskraft der Erde eintritt, mit welcher Geschwindigkeit ein Körper von der Mondfläche fortgeschleudert werden muß, um in eine Region zu kommen, in der nur die Erde ihn anzieht.


Stück eines Meteorsteins.

Diese Rechnung ist ausgeführt worden. Bei der geringen Größe und Masse des Mondes und seinem bekannten Mangel an Atmosphäre ist die Geschwindigkeit in der That nicht so groß, als man früher geglaubt hatte. Die Anfangsgeschwindigkeit, mit welcher ein Körper vom Monde fortgeschleudert werden muß, um auf die Erde zu gelangen, beträgt nicht mehr als 2600 m in der Sekunde, ist also mindestens nicht größer als die Wurfgeschwindigkeit, welche die Ausbrüche mancher unsrer irdischen Vulkane darbieten. Mehrere Astronomen glaubten daher geraume Zeit hindurch, eine Abstammung der Meteorsteine von Mondvulkanen nicht ganz zurückweisen zu dürfen. Die neueren Astronomen neigen dagegen zu einer andern Ansicht hin, die zuerst von Chladni im Jahre 1794 aufgestellt wurde, bei Gelegenheit der großen, über 635 Kilo schweren Meteoreisenmasse, die von Pallas in Sibirien aufgefunden wurde. Nach dieser großartigen Ansicht stammen die Meteorite aus den Tiefen des Weltraumes und stürzen auf die Erde nieder, sobald sie in den Bereich ihrer Anziehung gelangen. Diese Annahme ist heute keineswegs mehr eine Hypothese, sondern sie hat so viele Gründe für sich, daß an ihrer Richtigkeit nicht zu zweifeln ist. Auch die in neuerer Zeit mehrfach ausgeführte Berechnung der Bahnen einzelner Meteorite führt darauf, indem diese Bahnen einen ausgesprochen hyperbolischen Charakter besitzen, welcher sich nur zeigen kann, wenn der Meteorit aus den Tiefen des Sternraumes stammt.

Bei ihrem ersten Erscheinen am Himmelsgewölbe, also vor dem Herabsturze, zeigen die Meteorite ein große Übereinstimmung mit den oft Tageshelle verbreitenden Feuerkugeln. Plötzlich erscheinend und ebenso plötzlich verschwindend, überraschen sie stets den Beobachter und erschweren dadurch ihre Beobachtung. Immer bieten sie die Gestalt einer runden Scheibe von einem merklichen scheinbaren Durchmesser dar, der oft von der Größe des Vollmondes ist, und ihr Licht, wenn es auch der Plötzlichkeit wegen überschätzt wird, kommt doch oft dem Vollmondlicht nahe. Bisweilen zeigen sie sich von einer weißlichen Dunsthülle umgeben, und häufig ziehen sie einen feurigen Schweif nach sich, der Minuten lang sichtbar bleibt. Manche zerspringen unter heftigen Explosionen in Stücke, die ihren Lauf fortsetzen, aber meist auch erlöschen, ehe sie die Erde erreichen.

In dem in meinem oben erwähnten Werke enthaltenen Kataloge führe ich 1274 Feuerkugeln auf, deren Beobachtungen in wissenschaftlichen Zeitschriften verzeichnet sind, und es gibt in den letzten Jahrzehnten Jahre, in denen 50 und mehr solcher Erscheinungen berichtet wurden. Wir sehen also, daß wir es hier mit einer allgemeinen Erscheinung zu thun haben. Unter jenen Feuerkugeln haben die wenigsten nur Aerolithen erzeugt, und wenn auch unleugbar weit mehr ihre Bruchstücke zur Erde niedergesandt haben, deren Niederfallen nur nicht von Augenzeugen festgestellt werden konnte, so läßt sich doch auf keinen Fall behaupten, daß allen das gleiche Schicksal zu teil geworden. Wir müssen also ihre eigentümlichen Bahnen verfolgen, deren Nachweis vom höchsten Interesse für die Wissenschaft sein wird.

Eine wirkliche Bahnberechnung für diese Himmelskörper wird freilich durch das Überraschende ihrer Erscheinung wesentlich erschwert. Es gehörte dazu mindestens, daß die Erscheinung von zwei hinreichend voneinander entfernten Stationen gleichzeitig beobachtet würde, um eine Parallaxe zu erhalten, die von allzugroßen Fehlern frei wäre. Versuche in dieser Weise sind bereits gemacht worden und geben schon einige Aufschlüsse. Für die Höhe, in der die Feuerkugeln sich zeigen, für ihre wahre Größe, für ihre Geschwindigkeit hat man wenigstens annähernde Resultate gewonnen. Die Höhe, in der die meisten Feuerkugeln sichtbar werden, wird von $1^1/_2$ bis auf 64 Meilen geschätzt, reicht also in den meisten Fällen weit über die Grenzen hinaus, innerhalb welcher noch eine Einwirkung der Stoffe unsrer Atmosphäre auf die Materie der Feuerkugeln möglich scheint. Der wahre Durchmesser der Feuerkugeln mißt zwischen 30 und 4000 m. Die Bruchstücke, welche als Meteorsteine zu uns kommen, sind also nur als ein kleiner Teil der wirklichen Meteormassen zu betrachten. Klein bleiben sie immer noch gegenüber selbst den kleinsten der Planetoiden, aber dies vermindert nicht ihr Recht, den planetarischen Wesen zugezählt zu werden; denn wenn auch der kleinste der Planetoiden noch 4000 mal die größte der Feuerkugeln an Inhalt übertrifft, so überwiegt gewiß 10 000 mal der kleinste der Planeten den größten der Planetoiden.

So sehr wir uns nun auch bereits versucht fühlen mögen, die Meteore in die Reihe der planetarischen Weltkörper aufzunehmen, so werden wir doch erst den sichersten Halt für unser Unternehmen in der Betrachtung der Sternschnuppen finden.

Wie! diese flüchtigsten aller Erscheinungen am Himmel, diese schimmernden Lichtpunkte und Lichtlinien, die uns bisher höchstens geeignet erschienen, unsre Phantasie zu beschäftigen, als Werk des Augenblicks dem Himmel einen flüchtigen Schmuck zu verleihen — die sollen wir jetzt unter das gleiche Gesetz stellen, das die Riesenplaneten um die Sonne leitet, denen sollen wir eine ewige Dauer, ein selbständiges Bestehen, eine Körperlichkeit zugestehen? Und doch mute ich dem Leser nicht zu viel zu. Wir wissen ja, daß die wissenschaftliche Beobachtung schon manchem scheinbaren Werke des Zufalls und des Augenblicks Festigkeit und Bestimmtheit verschafft hat. So werden auch die Sternschnuppen aufhören bloße Meteore zu sein, sobald die Beobachtung sie in Fernen entrückt, die über die Grenzen der Atmosphäre hinausgehen, und für ihre Sichtbarkeit meßbare, wirkliche Größen in Anspruch nimmt. Man hat vielleicht in älterer Zeit übertrieben die Höhe einzelner Sternschnuppen auf 100 Meilen geschätzt. Aber die sorgfältigsten Beobachtungen und Berechnungen der neuesten Zeit lehren, daß nur in seltenen Fällen Sternschnuppen bis zu den Gipfeln der Anden, bis zu der Höhe von einer geographischen Meile über der Meeresfläche hinabgehen, daß bei weitem die meisten sich in Höhen von über 4 Meilen über der Erde zeigen, einzelne sogar in Höhen von 40—60 Meilen. Heis in Münster berechnete, daß eine am 10. Juli 1837 gleichzeitig in Berlin und Breslau gesehene Sternschnuppe beim Aufleuchten 62 Meilen und beim Verschwinden 42 Meilen Höhe hatte. Nach den genauen Untersuchungen von Professor Weiß in Wien beträgt die Höhe der im August vielfach aufleuchtenden Meteore im Durchschnitt 15 1/2 Meilen über der Erdoberfläche, und diese Sternschnuppen erlöschen bereits, sobald sie sich etwa bis zu 9 Meilen herabgesenkt haben.

Mit solcher Höhe ihres Erscheinens stimmt auch die Geschwindigkeit zusammen, mit welcher die Sternschnuppen sich durch den Raum bewegen. So flüchtig auch der Moment ihres Erscheinens ist, so mißt doch die Strecke, welche die Sternschnuppen von ihrem Aufleuchten bis zu ihrem Erlöschen durchlaufen, oft mehr als 40 Meilen. Ihre Geschwindigkeit wurde früher schon zu 4 1/2 bis 9 Meilen in der Sekunde geschätzt. Das spricht wohl hinlänglich deutlich für den kosmischen Ursprung dieser Meteore.

Endlich aber tritt der Beobachtung auch in der äußern Erscheinung dieser Meteore ein Umstand entgegen, der sogar einen Schluß auf eine eigentümliche Form dieser kleinen Weltkörper gestattet. Viele Sternschnuppen ziehen nämlich glänzende Lichtstreifen hinter sich her, die keineswegs einer bloßen Fortdauer des Lichtreizes auf unsrer Netzhaut zugeschrieben werden können, wie etwa bei einer im Kreise geschwungenen glühenden Kohle. Dazu dauert die Sichtbarkeit dieser Lichtstreifen viel zu lange, bisweilen über eine Minute, doch niemals über das Erlöschen des Kerns der Sternschnuppe hinaus. Noch merkwürdiger erscheinen diese sogenannten Sternschnuppenschweife bei aufmerksamer Beobachtung. Bald zeigen sie sich vollkommen gerade mit parallelen Rändern, bald etwas breiter und glänzender in der Mitte, bald am breitesten und glänzendsten an dem Orte, wo das Meteor erlischt. Nicht selten hat man eine auffallende Abnahme des Lichts gegen die Mitte der Schweife beobachtet, und wir wissen bereits von den Kometenschweifen

her, worauf dies hindeuten dürfte, auf die Gestalt eines hohlen Cylinders oder Kegels. In neuester Zeit hat man angefangen, die Schweife der Meteore im Fernrohr zu beobachten und dabei gefunden, daß sie seltsame Gestaltenveränderungen erleiden. Bei unsern Feuerkugeln bleiben die Schweife sehr lange sichtbar; so bei dem Meteor, das am 30. September 1850 abends über einen großen Teil von Nordamerika dahinzog, fast eine Stunde. Ich habe den Leser nicht umsonst aus der Region der Kometen zu diesen Meteoren geführt. Wir sehen schon eine gewisse Verwandtschaft zwischen beiden Gruppen von Weltkörpern auftauchen, und — wäre es auch jetzt nur in der Ahnung, so bestätigt sich doch abermals der Gedanke, daß bei aller Mannigfaltigkeit der Größen und Formen durch die Reihe der Welten unsres Systems sich ein gewisses Band der Verwandtschaft hindurchzieht. Gleiche stoffliche Natur verknüpft die ihre Bruchstücke zu uns niedersendenden Meteore mit unsrer Erde, und gleiche Form verknüpft sie wieder mit den seltsamsten Wesen des Himmels, mit den Kometen!

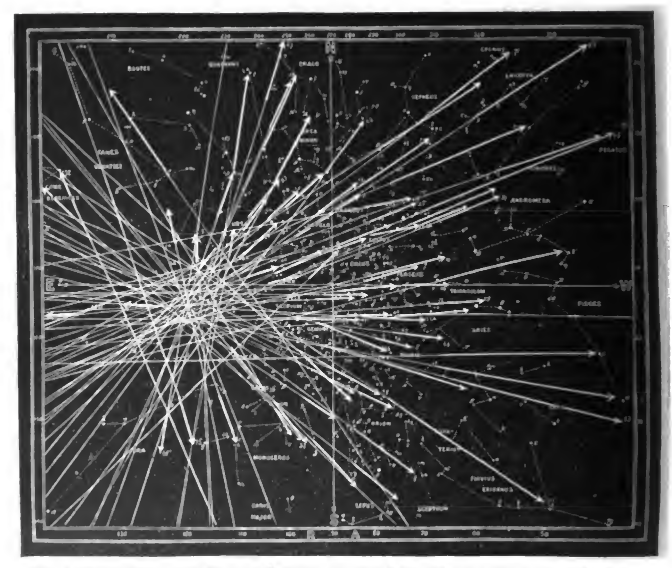
Den kräftigsten Beweis für die kosmische Natur der Sternschnuppen gewährt die periodische Regelmäßigkeit, die sie in ihrem Erscheinen zeigen, wie die Stetigkeit der Himmelsörter, von denen sie ausgehen. Die überaus große Häufigkeit dieser Meteore läßt mit weit größrer Zuverlässigkeit als bei den Meteorsteinen und Feuerkugeln Perioden erkennen. Es vergeht keine Nacht, in der sich nicht Sternschnuppen zeigen. Wir können mit großer Bestimmtheit erwarten, in jeder Stunde der Nacht 4—5 zu erblicken. Versuchen wir es, uns daraus eine Vorstellung von der Gesamtheit dieser Erscheinungen zu machen. Ein amerikanischer Astronom, Herrik in Newhaven, hat eine solche Berechnung gemacht, indem er von der Annahme ausging, daß für vier Beobachter, deren jeder seine Aufmerksamkeit auf ein Viertel des Himmels richtet, bei gewöhnlichem Zustande der Luft durchschnittlich 30 Sternschnuppen in der Stunde sichtbar werden. Für die gesamte Erdoberfläche erhielt er dann als Mittelzahl der täglich in die Erdatmosphäre eindringenden Meteore nicht weniger als 3 Millionen.

Alle diese Zahlen gelten aber nur für die gewöhnlichen Fälle. Es gibt jedoch Nächte, in denen wir nicht 4—5, sondern mindestens 10—15 Sternschnuppen in jeder Stunde, ja Schwärme von tausenden dieser Meteore niederfallen sehen können. Schon alte Chroniken erzählen von feurigen Lanzen, die in erstaunlicher Zahl sich am Himmel zeigten, und die Araber verglichen ihr Erscheinen geradezu mit Heuschreckenschwärmen. Eine alte irische Tradition spricht von den feurigen Thränen, die der heilige Laurentius alljährlich an seinem Feste, dem 10. August, weine. In den Tagen des Konzils zu Clermont, vom 10.—12. April 1095, berichten die Chronisten, sah man von Mitternacht bis zur Morgenröte Sterne vom Himmel fallen, so dicht wie Hagel. Man deutete dieses Ereignis auf die bevorstehende große Bewegung in der Christenheit, auf die Kreuzzüge. Diese Neigung, den Naturerscheinungen eine Deutung zu geben durch Verkettung mit menschlichen Schicksalen und Leidenschaften, hinderte durch das ganze Mittelalter hindurch, den wahren Sinn der Erscheinung zu erfassen. Selbst an der Schwelle des gegenwärtigen Jahrhunderts vermochte erst eine überraschende Großartigkeit dieser

Erscheinung eine ernstere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Von besondrer Bedeutung wurde die Nacht des 12. November 1799. Länger als sieben Stunden hindurch wurde in dieser Nacht vom Äquator bis zum Polarkreise, in Brasilien, in Labrador, in Deutschland und in Grönland ein Schwarm von Milliarden von Sternschnuppen beobachtet.

Humboldt, der mit Bonpland in Cumana verweilte, schildert die Erscheinung als einem in bedeutender Höhe abgebrannten künstlichen Feuerwerke gleich. Große Kugeln, die an Größe bisweilen die Mondscheibe übertrafen, unzählige Sternschnuppen, deren Richtung regelmäßig von Norden nach Süden ging, durchschnitten ununterbrochen den klaren Himmel, auf dem zahlreiche und lange phosphorische Linien gezeichnet wurden. Dreiunddreißig Jahre später, also im Jahre 1832, kehrte die Erscheinung in ähnlichem Glanze wieder; abermals waren es die Nächte vom 11.—13. November, in welchen man in Europa, Arabien und den Vereinigten Staaten Myriaden dahinschießender Sternschnuppen beobachtete. An einem Orte Frankreichs ergriffen die Arbeiter die Flucht vor diesem Feuerregen, und ein feiner Beobachter, der später so berühmt gewordene Leverrier, sagt, die Sternschnuppen seien einander ohne Unterbrechung und in so großer Zahl gefolgt, daß man Stunden gebraucht hätte, um die in demselben Augenblicke sichtbaren zu zählen, wenn sie still gestanden hätten. Aber von Entscheidung wurde erst die Erscheinung in der Nacht vom 12. zum 13. November 1833, die namentlich in Amerika von Denison Olmstedt zu Newhaven und von Palmer in Boston beobachtet wurde. Die Sternschnuppen erschienen so zahlreich und in so vielen Regionen des Himmels zugleich, daß man bei dem Versuche sie zu zählen selbst eine rohe Annäherung nicht hoffen zu dürfen meinte. Man verglich ihre Zahl mit derjenigen der Schneeflocken, die man während eines gewöhnlichen Schneefalls in der Luft schweben sieht. Noch gegen Ende des Phänomens um 6 Uhr morgens zählte man in 15 Minuten 650 Sternschnuppen auf einem Raume, der nur den zehnten Teil des sichtbaren Himmelsgewölbes umfaßte. Es wäre daraus auf mehr als 240000 Sternschnuppen zu schließen, die in der Zeit von sieben Stunden am ganzen Himmel für einen einzelnen Ort sichtbar gewesen sein müssen. Damals machte man zuerst die Bemerkung, daß die Mehrzahl der Sternschnuppen von einem bestimmten Punkte des Himmels ausging, der in der Nähe des Regulus im Sternbilde des Löwen lag und unverrückt derselbe blieb, trotz der scheinbaren Fortbewegung des Sternhimmels. Zugleich erinnerte man sich an das ähnliche, in derselben Novembernacht beobachtete Ereignis des Jahres 1799 und kam dadurch zuerst auf den Gedanken, daß es an bestimmten Tagen periodisch wiederkehrende Sternschnuppen-Erscheinungen gäbe. Man fand zahlreiche Beobachtungen aus früherer Zeit, die vollkommen zu dieser Ansicht stimmten, und die folgenden Jahre brachten eine auffallende Bestätigung derselben. Das Jahr 1866 lieferte wiederum einen ungeheuren Sternschnuppenregen der November-Meteore. Dieses Mal aber kam derselbe keineswegs unerwartet, sondern die Astronomen, die sein Eintreffen vermuteten, hatten sich sehr wohl darauf vorbereitet. Besonders war von seiten der Berliner Sternwarte ein Beobachtungs-

system organisiert worden, welches eine scharfe Untersuchung der ganzen Erscheinung ermöglichte. Man hatte nämlich ein wohlbegrenztes Areal des Himmels ins Auge gefaßt, dessen Mittelpunkt der Polarstern und dessen Halbmesser nahe 30 Grad war. Die Zahl aller Sternschnuppenbahnen, deren Mitte in jenes Areal fiel, wurde in genau gemessenen Zeiträumen notiert. Hieraus hat man später auf dem Wege der Rechnung die um die Zeit des Maximums sichtbare Anzahl der Sternschnuppen abgeleitet.

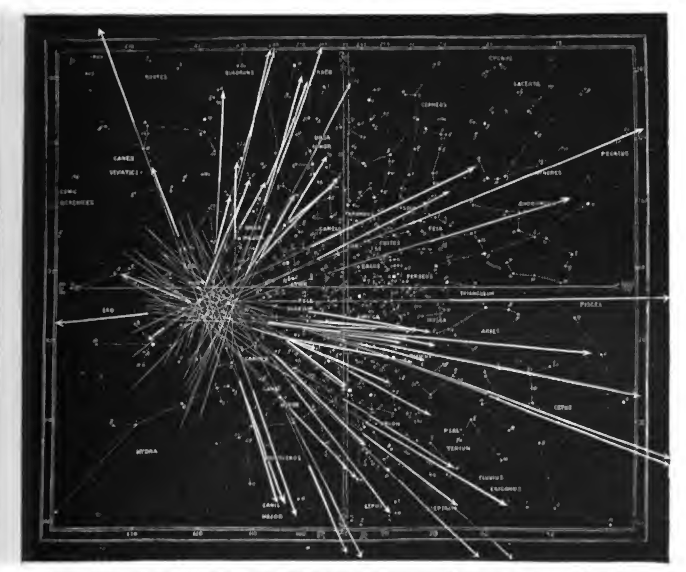


Die scheinbaren Bahnen von November-Meteoren auf einer Karte rückwärts verlängert zur Auffindung des Radiationspunktes.

Diese Anzahl betrug in der Minute 55, und daraus ergibt sich weiter, daß damals in 10 Minuten am ganzen Himmel etwa 15000 Meteore aufleuchteten.

Das Novemberphänomen ist nicht das einzige geblieben, in welchem ein periodisches Auftreten der Sternschnuppen sich erkennen läßt. Sorgfältige Beobachtungen lenkten die Aufmerksamkeit bald auf andre unverkennbare Perioden hin. Die irische Sage von den Thränen des heiligen Laurentius wurde durch Quetelet in Brüssel zur Veranlassung, auch die Nacht des 10. August in dieser Beziehung zu prüfen. Schon die Beobachtungen der ersten Jahre von 1834 — 1840 ließen die periodische Natur der Sternschnuppenfälle in den Nächten vom 9.—14. August unzweifelhaft erscheinen. Andre Perioden hat man für den 20. — 25. April, für den 26. — 30. Juli, für den 2. — 5. August, für den

19.—26. Oktober und für den 9.—12. Dezember mit einiger Wahrscheinlichkeit erkannt. Allerdings entspricht die Fülle der Sternschnuppen in diesen Nächten nicht auch nur annähernd einer jener großartigen Erscheinungen, die ich vorhin schilderte, aber gleichwohl sind die periodischen Fälle noch unverkennbar von den vereinzelten gewöhnlicher Nächte zu unterscheiden. Die Zahl der erscheinenden Sternschnuppen betrug in der Stunde 15—20. In den meisten Fällen erreichte sie sogar 60—70. Dazu kommt noch die Regelmäßigkeit der Richtung.



Bahnen von 83 Sternschnuppen am 13. November 1866, in eine Karte eingetragen zur Feststellung des Radiationspunktes.

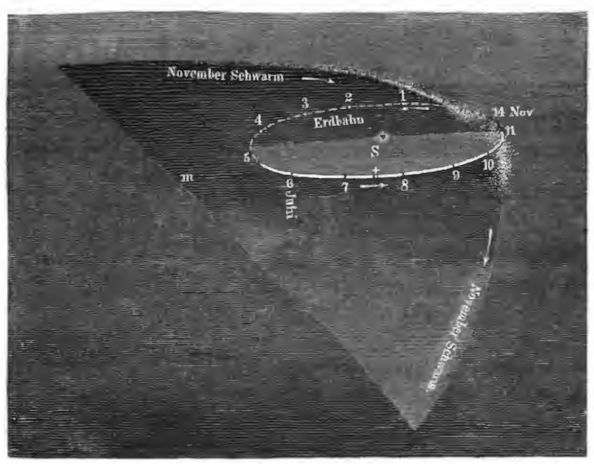
Sporadische Sternschnuppen gehen ganz unregelmäßig von den verschiedensten Punkten des Himmels aus. Periodische zeigen immer einen vorherrschenden Ausgangs- oder Radiationspunkt, der nicht mit der Umdrehung des Himmelsgewölbes wechselt und meist in der Richtung gelegen ist, gegen welche der Lauf der Erde hingeht. Ich erwähnte vorher schon, daß bei dem berühmten Novemberphänomen die Mehrzahl der Meteore von dem Sternbilde des Löwen auszugehen schien. Bei dem Augustphänomen ist noch weit bestimmter ein Punkt in der Nähe des Algol im Sternbilde des Perseus als Ausgangspunkt hervorgetreten. Dieser Punkt scheint überhaupt derjenige, welcher das ganze Jahr hindurch die meisten Meteore liefert. Gewöhnlich zeigen sich gleichzeitig mehrere Ausgangspunkte thätig, und zwar außer dem Punkte im Perseus und im Löwen

zwei Punkte in der Kassiopeja und im Drachenkopf. Um den Radiationspunkt bei einem Sternschnuppenfalle zu ermitteln, hat man nur nötig, die wahrgenommenen Bahnen der Meteore in eine Sternkarte einzutragen und nach rückwärts zu verlängern. Sie schneiden sich dann auf einer kleinen Fläche des Himmels, deren Mittelpunkt dem Radianten entspricht. Wir sehen vorstehend zwei solcher Zeichnungen, welche bei dem großen Sternschnuppenfalle in der Nacht vom 13. zum 14. November 1866 erhalten wurden.

Neben der ungleichen Häufigkeit der Meteore in den verschiedenen Monaten des Jahres hat sich in den genaueren Beobachtungen von Coulvier-Gravier und Julius Schmidt auch eine ungleiche Häufigkeit in den verschiedenen Nachtstunden offenbart. Es ergab sich nämlich, daß für jeden Beobachtungsort die größte Anzahl der Sternschnuppen gegen 5 Uhr morgens sichtbar wird. Diese Thatsache erschien im ersten Augenblicke außerordentlich bedenklich für die Theorie des kosmischen Ursprunges der Sternschnuppen, denn es war hiernach nicht unmittelbar klar, wie es möglich sein könne, daß für jeden Ort der Erde gegen 5 Uhr seiner mittleren Ortszeit, also für jeden verschiedenen Ort in einem verschiedenen Momente, das Maximum der Erscheinung eintrete. Dem Scharfsinne des Mailänder Astronomen Schiaparelli gelang es aber, diese Schwierigkeit zu einem der schönsten Beweise für die kosmische Natur der Sternschnuppen umzugestalten.

Sein Gedankengang ist folgender. Nehmen wir an, daß im allgemeinen die Sternschnuppen beinahe gleich dicht durch den Raum verteilt sind, so wird man von einem ruhenden Standpunkte aus in allen Richtungen durchschnittlich gleich viel Sternschnuppen wahrnehmen. Unsre Erde ist nun kein ruhender Standpunkt, sondern sie besitzt eine rotierende Bewegung um ihre Achse und eine fortschreitende um die Sonne. Was zunächst die rotierende Bewegung anbelangt, so begreift man leicht, daß sie allein auch keine Veränderung in dem sichtbaren Auftreten, überhaupt in der Verteilung der auftauchenden Meteore verursachen kann. Ganz anders aber wird die Sache, wenn wir die fortschreitende Bewegung mit hinzuziehen. Dann muß offenbar diejenige Hemisphäre am meisten von Meteoren getroffen werden, welche in der Richtung liegt, nach der hin sich die Erde durch den Raum bewegt. Denjenigen Punkt des Himmelsgewölbes, auf welchen die Erde hinfliegt, nennt Schiaparelli den Apex. Er liegt immer fast genau 90° westlich vom Orte der Sonne in der Ekliptik und steht demnach für jeden Ort morgens um 6 Uhr über dem Horizonte und abends um 6 Uhr unter dem Horizonte im Meridiane. Die meisten Sternschnuppen müssen daher von Mitternacht bis um die Zeit gegen Morgen hin beobachtet werden, die wenigsten dagegen in den Abendstunden. Das stimmt mit den Beobachtungen vollkommen überein. Aber noch mehr. Wenn die Geschwindigkeit der Fortbewegung unsrer Erde und ebenso die mittlere Schnelligkeit der Meteore bekannt sind, so kann man das Verhältnis der Häufigkeit der letzteren in den einzelnen Nachtstunden berechnen: umgekehrt kann man, wenn diese Häufigkeit durch die Beobachtungen gegeben und dabei die Schnelligkeit der Erde bekannt ist, die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen berechnen. Dieser letztere Fall liegt in der That vor uns;

Schiaparelli hat auf solchem Wege gefunden, daß die Geschwindigkeit der Sternschnuppen 1,45 mal größer ist als diejenige der Erde. Das ist nun aber fast genau die Geschwindigkeit, welche der Bewegung in einer Parabel entspricht, und es ist damit erwiesen, daß die Sternschnuppen sich ganz wie die Kometen in langgestreckten Kegelschnitten bewegen. Schiaparelli ging noch weiter und zeigte, gestützt auf Untersuchungen von Erman, wie man bei gegebener Kenntnis des Radiationspunktes die ganze Bahn eines Sternschnuppen-Schwarmes bestimmen könne.



November-Schwarm und Erdbahn.

Gegen Ende des November 1966 berechnete er nach diesen Prinzipien die Bahn der Meteore des 10. August, indem er nach den Beobachtungen von Alexander Herschel deren Radiationspunkt in 44° Rektaszension und 56° nördlicher Deklination und als Moment des Durchganges durch die Ebene der Erdbahn den 11. August 6 Uhr morgens annahm.

Als Resultat ergab sich folgende Bahn der Perseus-Meteore 1866:

Durchgang durch die Sonnennähe 1866, Juli 23,62,
Länge des Perihels . . . . 343° 38′,
Länge des aufsteigenden Knotens . . . 138 16,
Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik 64 3,
Abstand in der Sonnennähe 0,9643,
Umlaufszeit . . . . 108 Jahre,
Richtung der Bewegung . . . . rückläufig.

Wir haben hier eine vollständig kometenartige Bahn vor uns, und was das Merkwürdigste, in der nämlichen Bahn, wie dieser Sternschnuppenschwarm, bewegt sich auch wirklich ein Komet, und zwar der dritte von 1862. Auch für die

November-Sternschnuppen berechnete Schiaparelli die vollständige Bahn und fand für sie eine langgestreckte Ellipse mit $33^{1}/_{4}$ Jahren Umlaufszeit. Zu dieser Sternschnuppenbahn fand sich nicht minder sofort ein Komet, der erste von 1866. In ähnlicher Weise haben sich für verschiedene andre Meteorströme Bahnen ergeben, die mit den Bahnen bekannter Kometen zusammenfallen. Aus dieser Übereinstimmung der Bahnen dürfen wir freilich noch durchaus nicht auf eine Identität der Sternschnuppen mit den Kometen schließen. Dies verbietet schon die Thatsache, daß die Sternschnuppenschwärme sich in andern Teilen der Bahn befinden, wie der entsprechende Komet. Schiaparelli nimmt an, daß die Sternschnuppenschwärme sich aus Systemen von kugelförmiger Gestalt und außerordentlich geringer Dichte durch Auflösung und Verteilung längs der Peripherie der Bahn unter dem Einflusse der Sonnenanziehung entwickelten. Die Kometenschweife können damit nicht in Verbindung gebracht werden, da sie in der Verlängerung der Linie zur Sonne liegen. Die Figur S. 383 zeigt uns die Lage der Bahn der Novembersternschnuppen im Vergleiche zur Erdbahn. Eine auffallende Thatsache ist, daß selbst bei den großartigsten Sternschnuppenfällen niemals irgend ein materielles Teilchen derselben zur Erde herabgekommen zu sein scheint. Allerdings wollen verschiedene Beobachter sogenannte Sternschnuppensubstanz aus der Luft fallend wahrgenommen haben, allein von allen solchen Erzählungen verdienen vielleicht nur folgende einige Berücksichtigung. Sie sind zum Teil dem großen Verzeichnisse entlehnt, welches G. v. Boguslawski mit vielem Fleiße zusammengetragen hat.

Der erste Fall soll sich bei Gelegenheit des Sternschnuppenregens vom Jahre 1097 ereignet haben; wieviel von dieser Überlieferung wahr ist, läßt sich heute freilich nicht mehr beurteilen.

Im Mai 1652 sah Christian Menzel bei Nacht und auf einer Reise zwischen Siena und Rom eine sehr helle Sternschnuppe ganz in seiner Nähe niederfallen. Er fand an der Stelle eine schleimige und klebrige Substanz, die bald nachher vertrocknete.

Im Jahre 1718 am 24. März sah man auf der Insel Lesby ein Meteor explodierend niederstürzen. Am andern Morgen fand sich an der Stelle des Niederfalls eine silberschaumartig glänzende, schleimige Masse.

Am 21. Januar 1803 beobachtete Schmidt zu Festenberg, zwischen Bersdorf bei Bajonowa und dem Schlosse zu Tribusch, eine allmählich anwachsende Sternschnuppe, die mit Gezisch vor ihm und seinen beiden Begleitern vorüberfuhr und über dem Straßengraben, auf dem mit Schnee bedeckten Felde platzte. Am nächsten Morgen fand sich auf dieser Stelle ein rundlicher Flecken von gallertartiger Materie, blaugrüner Farbe und schwefelsaurem Geruche. Die Mäntel der Reisenden waren noch am andern Tage mit feuchten, handbreiten, gelblichen und nach Schwefel riechenden Streifen bedeckt.

Die naheliegenden Schlußfolgerungen aus dieser Beobachtung wären gänzlich einwurfsfrei, wenn sich die erwähnten Personen der geringen Mühe unterzogen hätten, sich auf der Stelle an den Ort des Niederfalls zu begeben, statt dies bis zum andern Morgen aufzuschieben.

Im Jahre 1819 am 13. August explodierte dicht vor den Häusern von Amherst (Massach.) eine weiße Feuerkugel. Am andern Morgen fand man eine schleimige Substanz, die nach einigen Tagen bis auf einen geringen dunkelfarbigen Rückstand verdunstete. Wieder die schleimige Masse erst am andern Morgen! Warum haben die Beobachter gewartet bis zum andern Morgen?

Bei Allport (Derbyshire) fiel 1828 oder 1829 gegen Ende August oder Anfang September eine Feuerkugel auf einem Grasfelde nieder, von der Fragmente nach R. A. Smiths Analyse folgende absonderliche Zusammensetzung hatten: Schwefel 22,00, Eisenoxyd 34,09, Kohle 43,59 (spezifisches Gewicht 2).

Am 6. September 1835 zwischen 12 und 1 Uhr nachts sah Koch zwischen Friemar und Gotha eine Sternschnuppe fast senkrecht herabfallen, aber in der Luft erlöschen. Kurze Zeit nach ihrem Verschwinden fiel mit heftigem Geräusch 1 m vom Beobachter entfernt, eine tellergroße, gallertartige, fettig anzufühlende Substanz, die allmählich verdunstete.



J. V. Schiaparelli.

Der Kammerrat v. Raumer fuhr 1845 am 24. Dezember von Dessau nach Tonitz. Es war in den Abendstunden und schon so finster, daß man nur die Chausseehaufen unterscheiden konnte, als sich ein ganz eigentümliches Phänomen zeigte, das v. Raumer in folgender Weise beschreibt:

„Zwischen den letzten Häusern der Wasserstadt und Schulzenbrücke entstand hinter uns plötzlich eine große Helligkeit, welche, wie ich glaubte, von den Laternen eines hinter uns herkommenden Wagens herrührte, und ich gab deshalb dem Kutscher die Weisung, mit den unruhigen Pferden sich in acht zu nehmen, wenn dieser Wagen vorbeifahren würde. — Bevor ich mich von meinem Irrtume überzeugen konnte, überfiel uns aber ein Feuerregen, gleich einer geplatzen Rakete, der Wagen, Pferde, den Weg vor und neben uns bedeckte; derselbe hatte außerdem in Form und Gestalt die größte Ähnlichkeit mit einem großflockigen Schneegestöber, die Flocken bewegten sich leicht, und wo sie auffielen, auf Wagen, Pferde, Weg, verschwanden sie ohne Spur, ohne Geräusch und ohne Geruch. Die ganze Erscheinung dauerte nur ganz kurze Zeit und alles war wie vorher; von einem Knall, Zischen, noch sonst einem Geräusche habe ich weder vor derselben, noch nach derselben etwas gehört."

Nach dieser Beschreibung könnte man geneigt sein, das in Rede stehende Phänomen mit den Erscheinungen leuchtend herabfallender Schneeflocken zu identifizieren. So begründet ein solcher Schluß aber auch auf den ersten Anblick erscheinen

möchte, so steht ihm doch die Aussage des andern Augenzeugen der Erscheinung entgegen. Die Tochter des Herrn v. Raumer teilt über ihre Wahrnehmung das Nachfolgende mit: „Abends, als es schon ziemlich dunkel war, bemerkte ich, von Dessau noch Tonitz in einem geschlossenen Wagen fahrend, daß es vor uns anfing plötzlich ganz hell zu werden, und daß die Pferde seitwärts sprangen. Als ich mich zum Fenster hinauslehnte, um die Ursache davon zu entdecken, sah ich eine leuchtende Erscheinung in Form einer Kugel und von der Größe eines Scheffelmaßes, welche sich von oben herabgesenkt und der Erde schon ziemlich nahe war. Sobald sie diese letztere erreichte und berührte, löste sich das Ganze auf in einzelnen Funken, welche schneeartig und ohne Geräusch auseinanderstoben und verlöschten."

Nach diesem Berichte kann allerdings von einer Zusammenstellung der Erscheinung mit den leuchtenden Schneeflocken nicht weiter die Rede sein. Allein was soll man aus dem Phänomen machen? Die Funken zergingen nach Aussage der Beobachter wie Schnee, der sich auflöst, und hinterließen keine Spur ihres Daseins. Hofrat Schwabe sah an demselben Abende eine Menge von Sternschnuppen; allein kann man annehmen, daß die vorgenannte Erscheinung durch niederfallende Sternschnuppenmaterie entstand und daß diese zugleich von einer solchen Beschaffenheit war, daß sie sofort beim Aufschlagen an feste Gegenstände verschwand, verdunstete oder ins Unsichtbare zerrann?

Gehen wir zu einem anderen Falle über, den Haidinger berichtet und der sich auf ein am 31. Juli 1859 bei dem Schlosse Montpreis in Steiermark beobachtetes Meteor bezieht. Dasselbe schoß zischend aus der Luft herab, ganz mit der Geschwindigkeit einer Sternschnuppe, aber heller leuchtend. Das Meteor fiel vor der Montpreiser Kirche nieder auf festen Sandboden, machte in denselben eine kleine Höhlung von der Tiefe einer halben Nußschale und verbrannte im Umfange eines Thalerstückes den Boden. Das niedergefallene Objekt glühte noch 5 bis 8 Sekunden lang. Es waren drei nußgroße Stücke nebst staub- oder sandartiger Masse, mit einer schwarzen schlackenartigen Rinde überzogen.

Als letztes Beispiel muß ich noch den am 26. November 1859 zu Charleston in Süd-Carolina beobachteten Fall erwähnen. Der Beobachter sah eine feurige Kugel in geringer Entfernnng von sich zur Erde stürzen und fand am andern Tage einen kleinen Teil einer seltsamen faserigen Materie. Sie ist von Shepard untersucht worden. Derselbe fand die Fasern von mineralischer, zum Teil erdiger Beschaffenheit, mit einem kleinen Teile Kohle. Ihr Anblick war von dem aller bekannten organischen und unorganischen Körper verschieden.

Sind nun diese Beispiele beweisend für das gelegentliche Herabkommen von Sternschnuppenmaterie zur Erde? Diese Frage will ich nicht beantworten, aber jedenfalls sind die angeführten Thatsachen nicht geeignet, das regelmäßige Verschwinden der Sternschnuppen in der Luft zu erklären. Schiaparelli weist darauf hin, wie gerade bei den großen Sternschnuppenfällen des August und November die Meteore Geschwindigkeiten von 59 800 und 71 150 Meter in der Sekunde besitzen und also auf die Erde mit solchem Ungestüm stürzen, daß ihre gänzliche Auflösung in der Atmosphäre nicht gerade eine widersinnige Annahme sei.

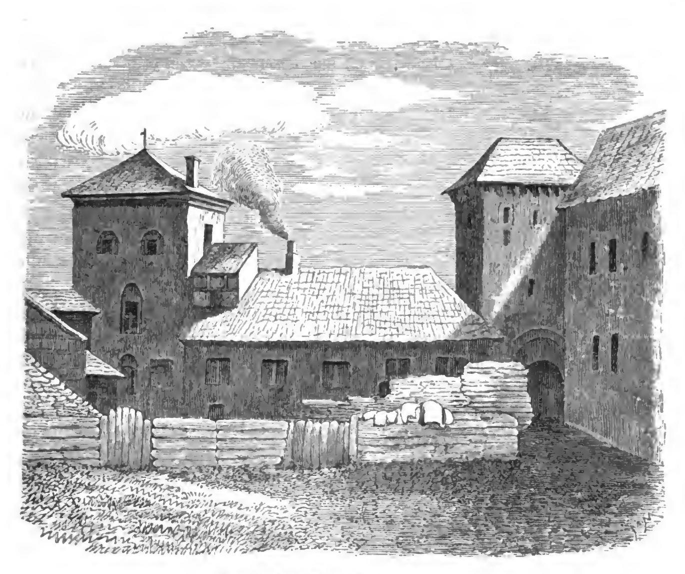
Die Ansichten über die Bedeutung der Meteore als Weltkörper, die ich soeben hier als die Frucht der neuesten wissenschaftlichen Forschungen entwickelt habe, gehen in ihrem unbewußten Keime in ein hohes Altertum zurück. Man darf die Wissenschaft des Altertums nicht überschätzen, wie man es noch heute gar zu gern thut, aber man darf auch die gesunden, vernünftigen Gedanken, die daraus hervorleuchten, nicht völlig verachten. Das griechische Altertum, das immer unerschöpflich in Deutungen und Vermutungen gewesen ist, hatte auch über den Ursprung jener Phänomene wahrhaft überraschende Ansichten. Schon manchen griechischen Naturphilosophen waren sie mehr als bloß vorübergehende Lufterscheinungen oder entzündete Luftarten, die sich in den oberen Regionen gesammelt hätten; sie waren ihnen „ein Fall himmlischer Körper, die durch ein gewisses Nachlassen der Schwungkraft und durch den Wurf einer unregelmäßigen Bewegung herabgeschleudert werden, nicht bloß auf die bewohnte Erde, sondern auch außerhalb in das große Meer, wo man sie nicht findet.“ Diogenes von Apollonia nannte sie geradezu „unsichtbare Sterne, die sich namenlos mit den sichtbaren bewegen und bisweilen auf die Erde fallen und erlöschen, wie jener steinerne Stern, der ganz feurig bei Ägospotamos fiel.“ Ältere Philosophen, wie Anaxagoras, dachten sich nämlich alle Gestirne als Felsstücke, die der feurige Äther in seinem Umschwunge von der Erde losgerissen, entzündet und zu Sternen gemacht habe. Aber die Griechen hielten ja die Erde für den Zentralkörper, um den her sich einst alles in ähnlicher Weise gebildet habe, wie nach unsern heutigen Ansichten alle Weltkörper eines Systems aus der erweiterten Sphäre eines andern Zentralkörpers, der Sonne, entstanden. So hatten also schon die alten Griechen eine ziemlich richtige Vorstellung von dem kosmischen Ursprunge und Dasein der Meteorsteine und Sternschnuppen, eine Höhe der Anschauung, zu welcher sich das Mittelalter und selbst der freiere Geist der letzten Jahrhunderte nicht erheben konnte. (Vgl. oben Seite 370.) Die Menschheit schien erstarrt in Gleichgültigkeit und Zweifelsucht. Seit Jahrhunderten waren vor den Augen der Menschen Meteorsteine gefallen, Kalifen und mongolische Fürsten hatten aus ihren Massen Schwerter schmieden lassen, Menschen waren durch ihren Fall zerschmettert, Häuser in Brand gesteckt worden; und doch achtete man sie für nichts als bedeutsame Spiele des Zufalls, bis Chladni ihren innigen Zusammenhang mit der Weltordnung erkannte.

Auf die Einbildungskraft und die dunkle Ahnung der Völker verfehlten diese prachtvollen und wunderbaren Erscheinungen zu keiner Zeit ihre Wirkung. Plötzlich sah man Bewegung eintreten mitten in dem Schauplatze nächtlicher Ruhe; auf Augenblicke begann es sich zu beleben und zu regen im stillen Glanze des Firmaments; lange Feuerstreifen flammten auf, und mit mildem Lichte tauchte ein vergänglicher Stern empor. Mußte das nicht den Volkssinn erwecken zu dichterischen Ahnungen einer unbekannten jenseitigen Welt? Wem wäre nicht so manche wahrhaft edle Anschauung bekannt, die sich uns noch jetzt in dem kindlichen Aberglauben der Völker offenbart! Die Spinnerin, so heißt es in einer litauischen Volksdichtung, beginnt den Schicksalsfaden des neugebornen Kindes am Himmel zu spinnen, und jeder dieser Fäden endet in einen Stern. Naht der Tod des Menschen,

so reißt sein Faden, und der Stern fällt erbleichend zur Erde nieder. Selbst die Einbildungskraft roher Naturvölker entzündete der Anblick dieser Naturerscheinung zu schönen Dichtungen. Die Sterne, heißt es auf den Gesellschaftsinseln, sind die Geister der Verstorbenen; man gibt ihnen die Namen seiner Lieben. Ein fallender Stern ist ein Geist auf der Flucht vor einem mächtigen bösen Gotte, und zur Erde flieht der Geist zurück, weil er dort Hilfe erwartet in der Liebe der Zurückgebliebenen. Der Mensch kettet ja so gern sein Schicksal an die Sterne; dort will er lesen, was ihm der dunkle Schleier der Zukunft verhüllt; dorthin versetzt er die Geister der Abgeschiedenen, denn dort sind die Räume des Lichtes und der Freiheit. Nur eine ganz rohsinnliche Naturanschauung konnte in den Sternen Lichter erblicken, die sich putzen, um wieder heller zu leuchten, und deren Schnuppen zur Erde fallen.

Auch der ernsten Wissenschaft bleiben jene Meteore noch immer eine Quelle reicher Gedanken. Hier zum erstenmal bei den Meteoriten begegnen wir unsichtbaren Weltkörpern, deren Dasein uns allein durch Phänomene des Erglühens in der Nähe der Erde, vielleicht auch durch Verdunkelung des im Brennpunkte aller Planetenbahnen befindlichen leuchtenden Gestirns bekannt wird. Denn ob diese Körper vielleicht auch in ihrer Gesamtmasse durch Reflexion des Sonnenlichts sichtbar werden können, ob etwa irgend eine Beziehung zwischen ihnen und dem Zodiakallicht besteht, ist noch sehr zweifelhaft. Zum erstenmal treten wir bei den Meteoriten in einen unmittelbaren Verkehr mit der Außenwelt. Es sind nicht mehr Körper, die nur aus der Ferne leuchten und wärmen oder durch Anziehung bewegen und bewegt werden; es sind Teile von Himmelskörpern selbst, die aus dem Weltraume in unsre Atmosphäre gelangen und unserm Erdkörper verbleiben. Hier können wir betasten und wägen, was einer fremden Natur angehört. Nicht mehr die Vergängliches schaffende Phantasie, sondern die rechnende, denkende Vernunft beginnt hier ihre Thätigkeit, läßt, in kleine Massen geballt, dunkle Sternschnuppen-Asteroiden um die Sonne kreisen, kometenartig die Bahnen der großen Planeten durchschneiden und strahlend aufflammen, wenn sie der Zug der Schwere in die Nähe unsres Erdkörpers führt.

In endlose Fernen drohten uns neulich die Kometen hinauszulocken, hinaus über die Grenzen unsrer Heimat in die Anziehungsgebiete fremder Sonnen. Hier diese kleinen, kometenähnlichen Welten, diese Feuermeteore und Sternschnuppen, haben uns zur Erde zurückgeleitet. So findet sich auch in den Räumen des Himmels eine Verkettung von Nähe und Ferne, von Fremdartigem und Verwandtem. Aber nur als Fremdlinge haben wir diesmal die Heimat betreten, und abermals stürmen wir nun hinaus an die Grenzen des heimischen Gebietes, und dann werden wir auch diese verlassen, und das ungeheuere, von zahllosen Welten erfüllte Reich unsrer Sonne wird hinter uns schwinden, wird als ein Punkt, als ein schimmernder Stern nur noch winken an dem neuen Sternenhimmel, der sich über uns wölben wird.



Wohnhaus des Kopernikus in Frauenburg.

Rückblick auf das Planetensystem.

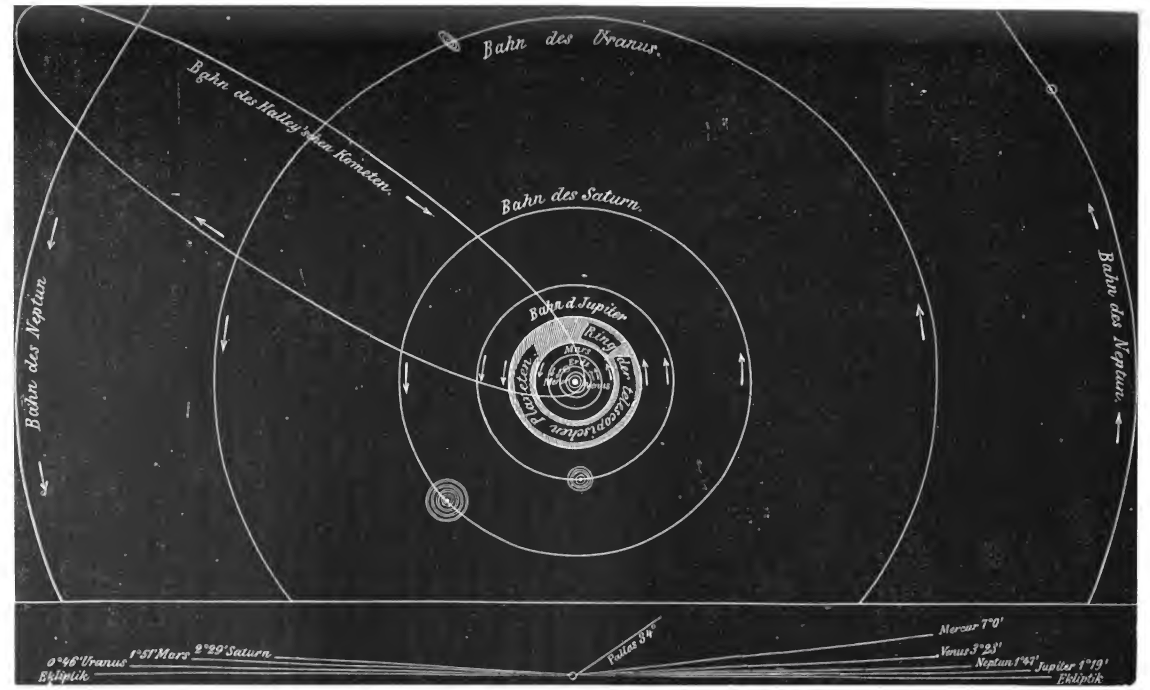
Ich war dabei, als noch da drunten siedend
Der Abgrund schwoll und strömend Flammen trug,
Als Molochs Hammer, Fels an Felsen schmiedend
Gebirgestrümmer in die Ferne schlug.

An den Grenzen eines durchwanderten Gebietes, wo in Charakter, Sitte, Sprache und Gesetz zwei Nationen, in physiognomischem Ausdruck zwei Länder sich scheiden, da hemmt wohl gern der Wanderer seinen Schritt, um mit den Blicken seine Gedanken noch einmal zurückschweifen zu lassen und die zerstreuten Erfahrungen in ein Gesamtbild zusammenzufassen, das von dem innern Sinn begriffen werden mag. An dieser Grenze ist es, wo die Geschichte und die Verfassung eines Landes erst eine rechte Bedeutung zu gewinnen scheinen, wo die Bedingungen seines Bestehens und die Gefahren seiner Zukunft nahe gerückt werden. Wie hätten wir nun an den Grenzen dieses großen heimatlichen Gebietes, das wir als unser Sonnensystem, als unsre planetarische Welt bezeichneten, nicht für einen Augenblick wenigstens unsern eilenden Flug hemmen sollen, um rückwärts zu schauen auf diese mannigfaltigen, zahllosen Gestalten, die doch zu einer Ordnung zusammengehalten, unter ein Gesetz gestellt, Jahrtausende hindurch die kühnsten und genialsten Anstrengungen des menschlichen Geistes erforderten, um dem irdischen Wanderer zugänglich zu werden! Wie hätten wir gedankenlos die Schwelle eines Jenseits überschreiten können, hinter der sich eine Unendlichkeit an

Raum und Zeit eröffnet, eine Fremde, die uns in ihrer Fülle und Öde unser eignes Heimatsgebiet zu entfremden droht!

Wir wollen die Gelegenheit benutzen, noch einmal die Reihe der Gestalten zu durchfliegen, denen wir in diesem Sonnensysteme begegneten. Da haben wir vor allen die Sonne, die Weltleuchte, das pulsierende Herz dieses Weltenreiches, mehr als 700 mal an Masse die gesamte Planetenwelt überwiegend. Wir begegneten dann einer Schar von Planeten, kugelförmigen, dunklen Weltkörpern, die sich in verschiedenen Abständen, aber fast in gleicher Ebene um die Sonne bewegten. Aber hier zeigte sich wieder eine auffallende Mannigfaltigkeit. Schon die Größe schied sie in gewisse Gruppen. Da waren vier Planeten, der Sonne am nächsten stehend, von mäßiger Größe, von fast gleicher Dichtigkeit, in fast gleicher, ziemlich langsamer Bewegung um die Achse schwingend. In weiter Ferne trafen wir abermals vier Planeten von riesiger Größe, von auffallend geringer Dichtigkeit, die nicht ein Viertel der irdischen überstieg, und mit großer Geschwindigkeit, die irdische um das Doppelte übertreffend, um die Achse rotierend. Zwischen diesen beiden Gruppen stand eine dritte, von zahlreichen, außerordentlich kleinen Planeten gebildet, die sich in sehr stark geneigten, exzentrischen, ineinander verschlungenen Bahnen bewegten. Die größeren der Planeten zeigten sich überdies von Monden begleitet, und diese Monde boten in ihrer Bewegung eine überraschende Übereinstimmung dar, indem ihre Achsendrehung mit ihrem Umlaufe um die Hauptplaneten genau zusammenfiel. Wir begegneten dann weiter in dem Raume, welcher von den Planeten gemieden schien, einer Schar zahlloser Kometen, die, wunderbar mannigfaltig von Gestalt und Bewegung, nach allen Richtungen und in alle Fernen schweifend, bald von den Planetenbahnen umschlossen, bald nur in ihrer Sonnennähe diese berührend, doch in der exzentrischen Gestalt und der bedeutend geneigten Lage ihrer Bahnen, sowie in der außerordentlich geringen Dichtigkeit ihrer Masse eine gewisse Verwandtschaft bekundeten. Wir sahen dann weiter die Zahl der Weltkörper unsres Systems vermehrt durch die Schwärme der Meteor-Asteroiden, welche in vielfach verschlungenen Bahnen die Sonne umkreisen und in einzelnen Eigentümlichkeiten an die Kometen erinnern. Wir wurden endlich noch auf eine geheimnisvolle Form der Materie unsres Sonnengebietes aufmerksam gemacht, die uns in der Erscheinung des Tierkreislichtes sichtbar wird und wahrscheinlich einem Ringe staub- oder nebelartiger Materie angehört.

Als wir dieses reiche Gebiet unsres Sonnensystems durchschweiften, ist ein wichtiger Umstand unsrer Aufmerksamkeit nicht entgangen. Was wir von diesen Welten erfuhren und erforschten, war im wesentlichen einer Zurückführung auf Zahlenverhältnisse fähig und stützte sich auf Voraussetzungen, die einer strengen Prüfung unterworfen werden konnten. Einzelne dieser Voraussetzungen habe ich den Leser selbst prüfen gelehrt, andre gehören einer besondern mathematischen Wissenschaft, einer Mechanik des Himmels an. Was sich dem Bereiche der Zahlen entzog, das war nur die Deutung der planetarischen Oberflächen, der gasförmigen Umhüllungen der Weltkörper, der Natur der Kometenschweife, des Zodiakallichtes und der rätselhaften Meteor-Asteroiden.



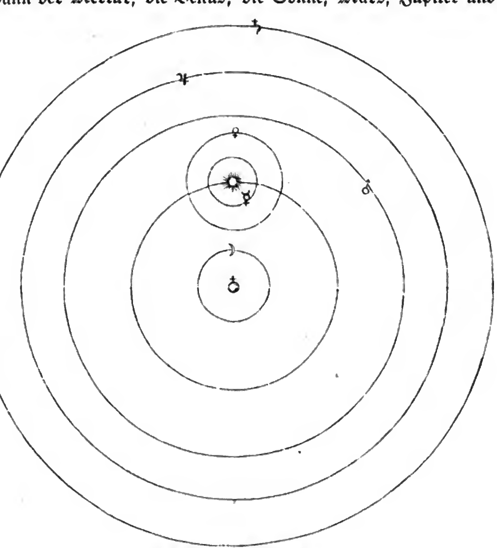
Die Bahnen der Planeten. — (Unten: Die Neigungen der Planetenbahnen gegen die Bahn der Erde.)

Was aber durch die Zahl überwältigt wird, das ist die eigentliche Errungenschaft der astronomischen Forschung. Eine Zahlentabelle, wie sie etwa die Bahnelemente der Planeten darstellt, oder selbst eine bildliche Darstellung der Planetenbahnen hat für die unmittelbare Anschauung einen nicht zu unterschätzenden Wert. Sie enthält einen tieferen geistigen Inhalt, als ganze Bücher des Altertums über die Ordnung des Himmels. Gewiß, ein Astronom des Altertums, wenn er heute unter uns träte, würde in weit gerechteres Erstaunen über diese Zahlen geraten, als über die Wunder unsrer Mechanik, über Dampfmaschinen und Telegraphen.

Nur Zahlen führen zu Gesetz und Ordnung; nur sie lehren eine Gemeinsamkeit der Verhältnisse kennen, eine innere Einheit, sei es durch das Gesetz oder durch den Ursprung, erschließen. Wenn die Alten auch am Himmel ihrem bekannten Gange, alles zu ordnen und in Systeme abzugrenzen, folgten, so konnten sie sich dabei nur auf sehr äußerliche Wahrnehmungen stützen. Nicht die Wirklichkeit zu begreifen, sondern die zerstreuten Thatsachen der Erfahrung zusammenzufassen, war der Zweck ihrer Systeme. Nur zu erklären suchte man, und wenn die einfachen Erklärungen nicht ausreichten, so mußte man, wie einer der denkendsten Astronomen des Altertums, Claudius Ptolemäus, sagt, andre mögliche Voraussetzungen wählen und sich begnügen, wenn sich die Erscheinungen dadurch erklären ließen. Man kann sich denken, welche verwickelte Gestalt ein System bei solchen Grundsätzen bisweilen erlangen konnte, und man wird es dem König Alfons von Kastilien nicht verargen, wenn er kopfschüttelnd ausrief: „Hätte Gott mich bei seiner Schöpfung zu Rate gezogen, ich hätte der Welt eine bessere Ordnung gegeben!“ Ich will den Leser nicht mit der Aufzählung aller der verschiedenen Vorstellungen ermüden, die man sich in der Vorzeit von der Ordnung der Welt gebildet hat, sondern ihm nur ein Gesamtbild von der herrschenden Anschauung zu entwerfen suchen, die noch bis in das 16. Jahrhundert unsrer Zeitrechnung hinaufreicht.

Es waren außer unsrer Erde bekanntlich nur sieben Weltkörper unsres Sonnensystems, von denen die Alten eine Kunde hatten, und von diesen galten wenigstens in früherer Zeit nur fünf als eigentliche Planeten. Sonne und Mond wurden wegen ihrer scheinbaren Größe, wegen ihrer auffallenden Beziehungen zum Erdenleben, und was damit zusammenhängt, wegen ihrer mythisch-religiösen Bedeutsamkeit streng von den Planeten getrennt gehalten. Der Ursprung der Planetennamen reicht in unbekannte Zeitfernen hinauf; die Planetenzeichen dagegen gehören erst der Astrologie des Mittelalters an, reichen in ihrer heutigen Form sogar nicht über das 15. Jahrhundert hinaus. Die Erde bildet den Mittelpunkt der Welt. Vereinzelte ahnungsvolle Anschauungen eines Philolaus, eines Aristarch, welche der Erde einen Kreislauf um die Sonne zuschrieben, vermochten nicht dem Vorurteile der Menge gegenüber sich Geltung zu verschaffen und verloren sich spurlos in dem Dunkel der folgenden Zeiten. Auch jene später auftauchende Meinung über den Weltbau, welche fälschlich den Ägyptern zugeschrieben wird, und nach welcher die unteren Planeten, Merkur und Venus, als Satelliten der selbst um die Erde kreisenden Sonne aufgefaßt wurden, bildet nur ein vereinzelt gebliebenes Zeugnis für die glücklichern Versuche jener Zeit, die Erscheinungen des Himmels zu deuten.

Die herrschende Ansicht des Volkes von der Ordnung der Gestirne findet ihren Ausdruck in dem System des Aristoteles, wie es durch die bewunderungswürdigen Forschungen Hipparchs und die kühnen, aber geistvollen Konstruktionen des Claudius Ptolemäus erweitert und ausgebaut, unter den Schutz der christlichen Kirche des Mittelalters aufgenommen, bis in das 16. Jahrhundert eine fast einzig dastehende Gewalt über die Geister ausgeübt hat. Die Erde ruhend im Mittelpunkte des All, um sie die Planeten an kristallnen Himmelssphären sich bewegend, zunächst der Mond, dann der Merkur, die Venus, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn, endlich die Fixsternsphäre und das Ganze umschließend die äußerste Sphäre des ersten Bewegers, der Urkraft der himmlischen Bewegungen — das sind die Grundzüge des aristotelisch-ptolemäischen Systems.



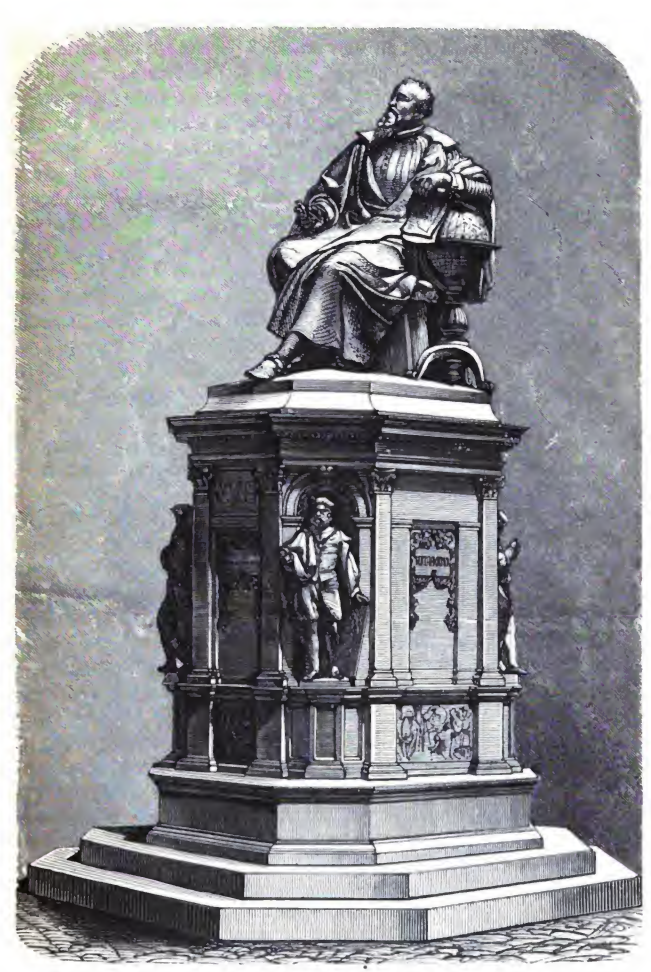
Das ägyptische Weltsystem.

Wir dürfen uns die Aufstellung eines solchen Systems keineswegs zu leicht vorstellen. Zunächst hatte man ja nichts als den sinnlichen Schein; Beobachtungen brachten nur Schwierigkeiten statt Aufhellungen. Da gab es mancherlei Bewegungen, die in Einklang gebracht werden sollten. Einmal war es die tägliche Bewegung des Himmels von Ost nach West, die mit einer andern eigentümlichen und langsamen Bewegung in Übereinstimmung zu bringen war, welche die Sterne in einer Periode von 25 000 Jahren von West nach Ost um die Pole der Ekliptik führt. Dann mußte gleichzeitig eine dritte Bewegung berücksichtigt werden, welche die Sterne alljährlich von Ost nach West, also in entgegengesetzter Richtung um die Pole der Ekliptik führt. Endlich waren die jährliche und tägliche Bewegung der Sonne miteinander in Einklang zu bringen, die gleichfalls entgegengesetzt gerichtet sind. Dazu kam noch der eigentümliche Lauf, den jeder einzelne Planet verfolgt. Gewiß erforderte es keinen geringen Aufwand von Scharfsinn, einen

Himmelsmechanismus zu erdenken, der allem diesem gleiche Berücksichtigung angedeihen ließ. Man nahm nun verschiedene feste Kristallhimmel an, die sich übereinander bewegten und einander die von dem ersten Beweger erhaltene Bewegung mitteilten, während an ihnen selbst wieder die Planeten ihre besondern Wege gehen konnten. Jene Himmelssphären mußten fest sein, weil sie sonst keinen Einfluß auf einander hätten ausüben, die tägliche Bewegung nicht gemeinsam hätten ausführen können. Sie mußten vom reinsten Kristall sein, da sonst das Licht der Sterne sie nicht hätte durchdringen können. Als die Beobachtung fortschritt, genügten nicht einmal mehr die sieben oder acht ursprünglich angenommenen Kristallsphären. Schon Ptolemäus mußte die Zahl der Himmelskreise vermehren, mußte den eigentlichen Bahnen der Planeten andre Kreise anweisen, deren ideale Mittelpunkte nur sich in den alten Sphären bewegten. Jede neue Bewegung, die man beobachtete, zwang zur Einführung neuer Kreise, und kaum glaubte man seine Sphären vollendet, so fand sich eine neue Abweichung, und um sie zu erklären, mußte man an eine Ausbesserung, eine Vervielfältigung des Mechanismus denken. Die Zahl der Himmelskreise stieg allmählich auf einige siebzig. Man kann sich denken, daß diese künstliche Himmelsmaschinerie von Sphären und Epizykeln, von konzentrischen und exzentrischen Kreisen nicht geeignet war, das Rätsel der Himmelsbewegungen zu lösen; aller Aufwand menschlichen Scharfsinns schien hier vergeblich.

Man wird fragen, wie es überhaupt möglich war, sich Bewegungen zu denken, die jenen Epizykeln mitten durch die dicken Kristallschalen hindurch erteilt werden mußten. Aber nach der Weise der damaligen Zeit wußte man sich aus mancher Schwierigkeit herauszuwickeln. Man dachte sich z. B. Furchen an jenen Sphären gezogen, durch welche die Mittelpunkte der Epizykeln geräuschlos und ohne Reibung hinglitten. Wenn man aber auch manches, freilich nicht im modernen Geschmack, zu erklären vermochte, so blieben doch immer noch Rätsel genug übrig. Namentlich waren es Merkur und Venus, die bald unüberwindliche Schwierigkeiten darboten. Die Ungleichheiten ihrer Geschwindigkeit, ihre Rückläufe und Stillstände, namentlich ihre verschiednen scheinbaren Größen fanden in diesem Systeme keine Lösung.

Leider hat dieses ptolemäische System, getragen durch die Autorität der aristotelischen Philosophie, mit der man es in Zusammenhang zu bringen wußte, fast anderthalb Jahrtausende hindurch sich in einer wahren Heiligkeit erhalten, und theologische Schriftsteller haben noch ein volles Jahrhundert nach der Reformation jeden Angriff auf dieses System wie eine Anfeindung unsres kirchlichen Glaubens zurückgewiesen. Unter solchen sich selbst aufgelegten Fesseln hat die Wissenschaft hart gebüßt; die Wege der Beobachtung waren ihr verschlossen und dem Auge war es verwehrt, unbefangen die Erscheinungen der Natur selbst zu schauen. Der erste, der es wagte, das alte System zu stürzen, war Nikolaus Kopernikus, geboren zu Thorn am 19. Februar 1473, gestorben als Domherr zu Frauenburg gegen Mitte Mai 1543. Auf der Hochschule zu Krakau gebildet, durch Reisen in Italien im Verkehr mit den geistvollsten Forschern jener Zeit, erkannte er bald die Zerrissenheit der damaligen astronomischen Wissenschaft.



Keplers Denkmal zu Weil-die-Stadt.

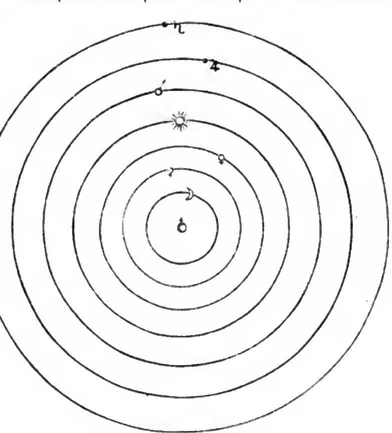
Seine eignen Studien am Himmel lehrten ihn den Grund in den Mängeln der ptolemäischen Weltordnung finden. Da zerschlug er mit kühner Hand die Kristallsphären des Ptolemäus, zerriß dessen Epizykeln und hemmte den rasenden Wirbel des ersten Bewegers. Vor allem gebot er der Sonne Stillstand und befestigte sie in der Mitte des Alls; er störte die Erde aus ihrer Ruhe auf und schleuderte sie hinaus in die Wogen des Äthers, damit sie im Vereine mit den andern Planeten die Sonne umkreise. Es war eine kühne, aber gefahrvolle That. Die öffentliche Meinung stand ihr entgegen, die Kirche erblickte hierin eine Verletzung ihrer Tradition, und selbst die Gelehrten sträubten sich gewaltsam gegen eine solche das ganze Wissenschaftsgebäude erschütternde Neuerung. An einem der gelehrtesten und scharfsinnigsten Männer nach ihm, an Tycho Brahe, fand die Lehre des Kopernikus ihren gefährlichsten Gegner. Denn Tycho war selbst ein hochberühmter Astronom, ja als Beobachter von keinem seiner Zeitgenossen erreicht. Befangen in den Anschauungen seiner Zeit, nach welchen die Bewegung der Erde sich nicht mit den Worten der Bibel vereinigen lasse, versuchte er abweichend von Kopernikus eine andre Anordnung des Weltsystems als wahrscheinlich aufzustellen. Aber das System des Tycho, durch welches der letzte Versuch gemacht wurde, der Erde ihre Ruhe zu erhalten, indem die Sonne mit dem gesamten Heer der Planeten sich um die ruhende Erde bewegen sollte, geriet noch bei Lebzeiten seines Begründers in Vergessenheit. Kopernikus hatte den Gedanken aus seinem Zauberschlaf erlöst; er ließ sich nicht mehr bannen.

Kopernikus war kaum 35 Jahr alt, als er sein unsterbliches Werk über die Umwälzungen der Himmelskörper schrieb. Aber erst nach mehr als 30 Jahren wagte er, gedrängt von seinen Freunden, es der Öffentlichkeit zu übergeben, und schon lag er auf dem Sterbebette, als er die ersten gedruckten Bogen seines Buches in den Händen hielt.

Die Einführung des kopernikanischen Systems bezeichnet einen eben so wichtigen Zeitabschnitt für die Geschichte der Wissenschaft, wie die Reformation für Staatsleben und Religion, und es ist keineswegs ein völlig gleichgültiger und zufälliger Umstand, daß an der Schwelle des 16. Jahrhunderts so zahlreiche weltenerschütternde Thaten zusammentreffen, das System des Kopernikus mit der Reformation, die Entdeckung Amerikas mit der Erfindung der Buchdruckerkunst. Ein neuer Geist strömte über die Geschichte aus, nnd das Zeitalter, das mit der That des Kopernikus beginnt, ließ hinter sich die träumerischen Spiele, in denen man sich die große wie die kleine Welt aufgebaut hatte, entwand sich dem Gängelbande der Autorität, um mit dem Ernste des Gedankens und in unbeschränkter Freiheit des Forschens die Wirklichkeit in ihrem Innersten zu ergründen. Thatsachen bildeten fortan den Grund aller Erkenntnis und das Gesetz in den Dingen, wurden der Mittelpunkt, um den sich alle Wissenschaft bewegt.

Das kopernikanische System war eben nur erst die Grundlage der neuen Wissenschaft des Himmels; es fehlte ihm aber noch jener innere Kern: das Gesetz als der geistige Ausdruck des ursächlichen Zusammenhanges der Erscheinungen. Die Grundzüge des kopernikanischen Systems sind oben flüchtig angedeutet.

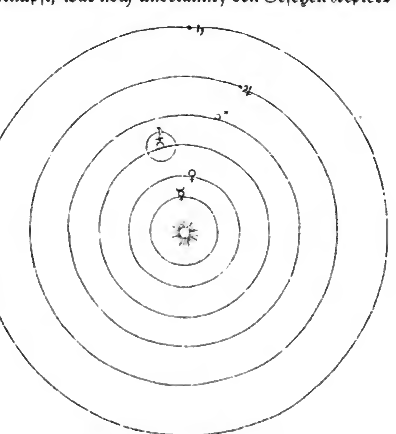
Die tägliche Bewegung der Erde um ihre Achse, die jährliche Bewegung der vom Monde begleiteten Erde um die Sonne, endlich die Bewegung sämtlicher Planeten in der Reihenfolge, in welcher wir sie durchwandert haben, um die ruhende Sonne, das ist der kurze Inhalt jener Lehre. Die Form der Bahnen, in welcher sich die Erde und alle Planeten bewegen, war noch von Kopernikus als kreisförmig beibehalten worden; hatte doch die Kreislinie fast zwei Jahrtausende hindurch als die vollkommenste aller Linien gegolten. Aber hier zeigten sich nun die ersten Schwierigkeiten des neuen Systems. Schon Kopernikus erkannte, daß die Ungleichheiten in der Bewegung der Planeten einer besondern Erklärung bedurften, und er glaubte sie in der Annahme exzentrischer Kreise zu finden. Er setzte die Sonne also nicht genau in den Mittelpunkt der Planetenkreise. Aber die Beobachtung schritt fort, die Mittel der Beobachtung vermehrten und verfeinerten sich. Neue Thatsachen wurden aufgedeckt, die in Widerspruch mit den bisherigen Annahmen traten. Man fand, daß die Geschwindigkeit der himmlischen Bewegungen überhaupt keine völlig gleichförmige sei, wie sie es doch bei der Annahme einer Kreisbewegung nach den Grundsätzen der Mechanik sein mußte. Da war es Zeit, dem Himmel seine Gesetze zu geben, und der große Gesetzgeber des Himmels war Kepler. Dieser Mann gehört zu den glücklichsten und dennoch unglücklichsten Menschen aller Zeiten: glücklich, indem es ihm gegeben war, die Gesetze des Himmels zu enträtseln, und unglücklich, da er in der Zeit der tiefsten Erniedrigung Deutschlands, mit Not und Gefahren kämpfend, seines Daseins Kreise durchlaufen mußte. Johannes Kepler wurde geboren am 27. Dezember 1571 zu Weil (die Stadt) im Strohgäu (Württemberg), als Erstling einer unglücklichen Ehe. Die Sorge wachte an seiner Wiege und begleitete ihn auf die Klosterschule zu Maulbronn, wo er unter Beschwerden und Entbehrungen aller Art Theologie studierte. Dort weihte Mäßlin den jungen Mann zuerst in die Lehren des Kopernikus ein, aber im Geheimen, aus Furcht vor der Wut der protestantischen Zeloten. Im Jahre 1593 kam Kepler nach Graz als Lehrer der Mathematik, da die Tübinger Professoren ihn längst als untauglich zum Mitarbeiter im Weinberge der württembergischen Kirche erklärt hatten. Doch schon 1598 brach in Graz die Verfolgung


Das ptolemäische Weltsystem.

der steyrischen Protestanten aus, und er mußte, trotz der Unterstützung der Jesuiten, die weit toleranter waren als der in Abgeschmacktheiten verkommene Geistespöbel zu Tübingen, das Land verlassen. Also wandte sich Kepler nach Prag und ward Mitarbeiter von Tycho, sowie nach dessen Tode sein Nachfolger. Es war ein glänzendes Elend, in welches er hier geriet; weder der Kaiser Rudolf II. noch Matthias konnten den Gehalt ihres Hofastronomen erschwingen. Im Jahre 1612 verließ er endlich seine Stellung in Prag und ging nach Linz an der Donau, wo er einige ruhige Jahre durchlebte. Da traf ihn die Nachricht, daß seine alte Mutter, das „Kätherchen von Leonberg", als Hexe in Haft genommen sei. Nachdem er Weib und Kind aus dem vom Kriege umtobten Linz in Regensburg untergebracht, eilte er auf den Flügeln der Sorge für die alte Mutter nach Württemberg. Es gelang ihm mit vieler Mühe die Akten vor die Fakultät in Tübingen zu bringen, und diese entschied endlich, wahrscheinlich in ihrem juristischen Verstande durch den mit Kepler befreundeten herzoglichen Vizekanzler Sebastian Faber etwas erleuchtet, man sollte die alte Frau Kepler „von der Klage absolvieren". Froh kehrte der große Himmelsforscher über Regensburg nach Linz zurück, mußte aber, da der Protestantismus in Österreich ausgerottet werden sollte, nach Prag und von dort nach Regensburg ziehen. Vom Kaiser, der seine Gehaltsrückstände nicht bezahlen konnte, an Wallenstein verwiesen, trat Kepler in die Dienste des Friedländers und ließ sich 1628 zu Sagan nieder. Aber der berühmte Söldnerführer suchte einen Astrologen, keinen Astronomen. Es war um die Zeit, als Wallenstein auf Betreiben der Kurfürsten abgesetzt wurde, und unter diesen Umständen fiel es dem Herzoge von Friedland nicht im entferntesten ein, Kepler die versprochene Zahlung zu leisten. Also wandte sich dieser wiederum an den Kaiser und unternahm allein, zu Pferde, die damals gefährliche Reise von Sagan nach Regensburg. Auf dem Wege litt er viel von ungünstigem Wetter, und in Regensburg angelangt, verfiel er in ein heftiges Fieber. Am 15. November 1640 erlag Kepler, wohl mehr den Bemühungen der ärztlichen Kunst als dem Fieber, fern von den Seinen und ward auf dem protestantischen Kirchhofe begraben. Kepler gehört zu den spekulativsten Forschern aller Zeiten; 73 Jahre nach dem Tode des Kopernikus (um 1616) stellte er seine drei unsterblichen Gesetze auf, durch welche über die Gestalt der Bahnen, die Geschwindigkeit der Bewegungen und die Beziehungen zwischen Abständen und Umlaufszeiten der Planeten eine unzweifelhafte Entscheidung gegeben ward. Die Planeten bewegen sich sämtlich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht — so lautet das erste Gesetz. Der Brennstrahl oder der Radius vector, d. h. die von der Sonne zu einem Planeten gezogene Linie, durchläuft in gleichen Zeiten immer gleiche Flächenräume oder Ausschnitte — das ist das zweite wichtige Gesetz, durch welches der Astronom in den Stand gesetzt wird, den Ort jedes Planeten in seiner Bahn für jede gegebene Zeit durch Rechnung zu bestimmen. Die Quadratzahlen der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kubikzahlen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne — das ist endlich das dritte Gesetz, durch welches eine Wechselbeziehung der einzelnen Planeten zu einander festgestellt und der auffallenden Thatsache ein Ausdruck gegeben wird.

daß die Geschwindigkeiten der einzelnen Planeten in ihrer Bahnbewegung keineswegs gleich sind, sondern mit der Entfernung von dem Zentralkörper verlangsamen. Wir wissen, von welcher Wichtigkeit dieses Gesetz für die Raumverhältnisse unsres Planetensystems geworden ist, da es dem Astronomen die Mittel gewährt, aus den leicht zu beobachtenden Umlaufszeiten der Planeten auf ihre Abstände von der Sonne zu schließen und diese endlich auf ein gemeinsames Maß, als das wir den Abstand der Erde von der Sonne kennen gelernt haben, zurückzuführen.

Kopernikus hat die festen Kristallhimmel zertrümmert und die Welten hinausgeschleudert in den leeren Raum. Kepler hatte jetzt diesen Welten Gesetze gegeben. Aber die Kraft, welche die Welten trägt, welche sie in ihren Bahnen hält und mit ihren Zentralkörpern verknüpft, war noch unbekannt; den Gesetzen Keplers fehlte noch die Seele. Denn der Geist eines Gesetzes ist seine Allgemeinheit. Erst als der Ausfluß einer ewigen, alles durchdringenden Kraft hat es seine sichere Gewähr. Newton war es, der den Gesetzen des Himmels das Siegel der Ewigkeit aufdrückte, der jener geheimnisvollen Urkraft, aus der sie geflossen, einen Namen gab, und indem er sie zu einem allgemeinen Weltgesetz erhob, Himmel und Erde miteinander erst wahrhaft verknüpfte. Es war 70 Jahre nach der Entdeckung der Keplerschen Gesetze, als Newton sein Gravitationsgesetz aufstellte. Isaak Newton war geboren am 25. Dezember 1642 zu Woolsthorpe bei Grantham in Lincolnshire. Als Knabe zeigte er keine besondere Befähigung, und nichts verriet den großen Geist, dessen Name das Andenken an die berühmtesten politischen und militärischen Merkwürdigkeiten der ganzen Welt überdauern wird. Der Absicht seiner Mutter zufolge sollte er sich der Landwirtschaft widmen, aber dazu zeigte er wenig Lust. Die Bemühungen eines Verwandten setzten ihn endlich in den Stand, die Universität Cambridge zu beziehen, wo er vorzugsweise Mathematik studierte und schon vor 1665 auf die Prinzipien der höhern Analysis kam. In jenem Jahre brach in Cambridge die Pest aus, und Newton verließ die Stadt, um sich nach seinem Geburtsorte zurückzuziehen. Hier begann er zuerst über die Ursache des Fallens der Körper nachzudenken und eine Kraft der allgemeinen Anziehung anzunehmen. Doch vermochte er auf dem Wege der Rechnung deren Existenz nicht nachzuweisen, weil er nicht die richtigen Maßverhältnisse der Erde kannte. Im



Das Kopernikanische Weltsystem.

Jahre 1669 wurde Newton Professor der Mathematik zu Cambridge und veröffentlichte zwei Jahre später seine Untersuchungen über das Sonnenlicht. Erst 1682 nahm er seine frühern Rechnungen über die Anziehung wieder auf, da inzwischen durch Picard die Größe der Erde ziemlich genau bekannt geworden war. Fünf Jahre später erschien sein unsterbliches Werk: „Philosophiae naturalis principia mathematica", ein Buch, das damals nur von einzelnen verstanden werden konnte und welches die Grundzüge der modernen Astronomie, gestützt auf das Gesetz der Anziehung enthält. Newton starb am 31. März 1727, und mit Recht sagt seine Grabschrift: „Die Sterblichen mögen sich Glück wünschen, daß eine solche Zierde des menschlichen Geschlechtes gelebt hat." Gehen wir nun auf das Newtonsche Gravitationsgesetz näher ein. Jeder Körper, lautet dieses Gesetz, übt auf jeden andern eine anziehende Kraft aus, deren Größe sich direkt verhält wie die Masse des anziehenden Körpers und umgekehrt wie das Quadrat seines Abstandes. Die Planeten fallen zur Sonne gleich dem fallenden Stein oder dem schwebenden Pendel, von derselben Schwere gezogen. Das gleiche Gesetz leitet den geworfenen Stein zur Erde, wie den kreisenden Planeten um die Sonne: das ist der bedeutungsvolle Sinn dieses einfachen Gesetzes, das dem Astronomen gleichsam den Himmelsschlüssel überliefert und ihm das Recht gegeben hat, seine irdische Wissenschaft in die endlosen Tiefen des Raumes hinauszutragen. Die Fremde beginnt erst, wo dies Gesetz seine Kraft verliert.

Kein Gesetz hat je so gewaltige Umwälzungen hervorgerufen und doch eine solche Sicherheit der Verhältnisse geschaffen, als das Gravitationsgesetz Newtons. Kopernikus hatte doch nur die Erde aus ihrer Ruhe gestört, Newton hat auch die gewaltige Sonne entthront. Sie ist seitdem nicht mehr die schrankenlose Herrscherin, welche gleichsam an Fäden die untergeordneten Welten um sich herumführt. Auch die Sonne ist dem gemeinsamen Gesetz unterworfen, auch sie wird gezogen; denn alle Anziehung ist gegenseitig. Nicht die Sonne ist es, sondern nur der gemeinsame Schwerpunkt, um den die Körper des Systems kreisen. Allerdings ist die Masse der Sonne eine so überwiegende gegenüber der Gesamtmasse der planetarischen Körper, daß sie mit diesem Schwerpunkte nahe zusammenfällt. Aber immerhin wird sie nur dadurch Herrscherin ihres Systems, daß sie diesen Schwerpunkt in sich trägt. Ja sie trägt ihn nicht einmal immer in sich; zuweilen liegt er sogar außerhalb des Sonnenkörpers, und wie jeder Planet, beschreibt der Mittelpunkt der Sonne eine kleine elliptische Bahn um diesen Schwerpunkt, die gleichsam ein verkleinertes Abbild der großen Ellipsen ist, in denen die Planeten die Sonne umkreisen.

Aber ich sagte, auch die Sicherheit unsrer planetarischen Ordnung sei durch jenes Gesetz erhöht worden. Und in der That, gerade die scheinbaren Abweichungen von der allgemeinen Erscheinungsform, gerade die sogenannten Störungen sind die sichersten Zeugnisse der Gesetzlichkeit geworden. Welch ein Gegensatz gegen die Wissenschaft des Altertums! Dort eine zum Erschrecken anwachsende Verwickelung der Theorie, hier eine Einfachheit, welche selbst die wirkliche Verwickelung der Erscheinungen harmonisch auflöst. Da die Anziehung sämtlicher Weltkörper eine

gegenseitige ist, so ist auch kein einziger Körper unsres Sonnensystems den Wirkungen der Sonne allein ausgesetzt. Alle Planeten, ja alle Weltkörper unsres Systems wirken zugleich nach Maßgabe ihrer Masse und Entfernung wechselseitig aufeinander ein, und diese Einwirkungen bringen in dem Laufe der Himmelskörper, in der Gestalt, Größe und Lage der Bahnen Ungleichheiten und Veränderungen hervor, die nicht immer ganz unerheblich sind. Man bezeichnet diese Veränderungen mit dem Namen von Störungen — nicht als ob hier an wirkliche Störungen in der Ordnung der Natur, an ein Heraustreten der Erscheinungen aus dem Bann des Gesetzes zu denken wäre — es sind nur Störungen in der Bequemlichkeit der Rechnung, Einmischungen kleiner Wirkungen in die einfachen großen Verhältnisse, die zwischen einem Zentralkörper und seinen Trabanten bestehen. Sind einmal die wirkenden Kräfte gegeneinander abgewogen und die Gesetze ihres Wirkens festgestellt, so fallen auch die sogenannten Störungen in den Bereich der Rechnung, und die scheinbare Verwirrung gestaltet sich zu harmonischer Ordnung. So ist es einem Laplace möglich geworden, eine Mechanik des Himmels zu schaffen, und Männer wie Bessel, Gauß, Leverrier, haben dieser Wissenschaft eine Ausdehnung und eine Schärfe und Bestimmtheit gegeben, daß es nicht mehr Staunen erregen darf, wenn der heutige Astronom die Örter angibt, welche die Planeten vor Jahrtausenden eingenommen haben, oder die Zeiten verkündigt, in welchen sie nach Jahrhunderten eine gewisse Stellung einnehmen werden.

Ich habe schon einmal zu dem Leser von diesen Störungen gesprochen und darauf aufmerksam gemacht, daß sich im wesentlichen zwei Arten von Störungen unterscheiden lassen, die einen, welche sich auf die Örter eines Planeten in seiner Bahn, die andern, die sich auf die ganze Bahn überhaupt beziehen. Man bezeichnet jene als periodische Störungen, weil sie innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeiträume eingeschlossen sind, diese als säkulare, weil sie die ganzen Bahnen der Planeten nur sehr langsam und meist nach Jahrhunderten ändern.

Die periodischen Störungen hängen natürlich von den jeweiligen Standorten ab, welche die Planeten in ihrer Bahn einnehmen, und kehren wieder, so oft die Planeten in dieselbe Stellung gegeneinander zurückkehren. Die Änderungen, welche dadurch im Laufe der Planeten hervorgebracht werden, sind zwar im allgemeinen nur klein, aber sehr mannigfaltiger Art. Bald wird eine elliptische Bahn mehr gekrümmt oder mehr in die Länge gezogen; bald wird die Bewegung eines Planeten beschleunigt, bald gehemmt; bald wird er näher zur Sonne gezogen, bald von ihr abgelenkt, und selbst die Ebene seiner Bahn gerät ins Wanken. Dazu kommt noch die Verrückung, welche die Lage der Erdbahn selbst oder die Stellung der Erde in ihr durch den Einfluß der andern Planeten erleidet, und welche wieder eine Rückwirkung auf die scheinbaren Örter der Planeten ausübt. Die Größe dieser störenden Wirkungen ist abhängig von der Entfernung. Die äußersten Körper unsres Systems vermögen einen merklichen Einfluß auf die der Sonne benachbarten Planeten zu äußern, und die Wirkung der sonnennahen Planeten verschmilzt wieder mit der übermächtigen Einwirkung der Sonne. Die größten Störungen im ganzen System gehen darum vom Jupiter aus, schon deshalb, weil

seine Bahn in die Mitte zwischen die übrigen Planetenbahnen gelegt ist, aber noch mehr seiner überwiegenden Masse wegen. Ja diese Störungen würden sogar eine dem Bestehen des Ganzen gefährliche Höhe erreichen können, wenn ihnen nicht als Gegengewicht die Einflüsse des Saturn entgegengesetzt wären. Der Saturn, dem Jupiter an Masse fast gleich, hat eine so eigentümliche Stellung im Systeme, daß er niemals seine Kraft mit der des Jupiter vereinigen kann, daß er ihm vielmehr stets mehr oder minder entgegenwirkt und seine Störungen um fast $^{19}/_{20}$ ihres Wertes verringert.

Um so bedeutender werden wir uns die gegenseitigen Einwirkungen dieser beiden in so unmittelbare Nachbarschaft zu einander gestellten Riesenwelten unsres Systems vorstellen, und in der That sind ihre Störungen eine Zeitlang die Quelle sehr ernster Besorgnisse gewesen. Schon zu Anfang des 17. Jahrhunderts hatte man die Bemerkung gemacht, daß die Bahn des Jupiter sich beständig erweitere, daß dieser Planet sich in einer Art von Spiralbewegung um die Sonne immer weiter von ihr entferne und dabei immer langsamer fortschreite. Ganz das Gegenteil beobachtete man am Saturn; seine Bahn schien sich zu verengern, seine Geschwindigkeit zu vergrößern. Fand sich keine Grenze für diese rätselhafte Bewegung, so mußte sie zu einer Annäherung, endlich zu einem Zusammenstoß beider Planeten führen. Laplace löste dies Bedenken erregende Rätsel. Er zeigte durch die Rechnung, daß die gegenseitige Annäherung beider Weltkörper nur eine periodische sei und schon nach anderthalb Jahrhunderten in das Gegenteil umschlagen werde, daß die ganze Periode dieser seltsamen Störung nahe an 900 Jahr dauere, und daß das Anwachsen der Exzentriziäten der einen Bahn immer gleichzeitig mit der Verminderung der Exzentrizität der andern vor sich gehe, aber auch gleichzeitig eine Grenze finde.

In weit größeren Perioden noch bewegen sich die säkularen Störungen, welche die Bahnen der Planeten, namentlich die Neigungswinkel und die Durchschnittspunkte der Bahnebenen, die Lage der Perihelien und Aphelien und sogar die Exzentrizität der Bahn betreffen. Ich habe bereits auf einige der wichtigsten dieser Störungen aufmerksam gemacht, auf das Vorrücken der Nachtgleichen, das Fortrücken der Perihelien in der Bahn, die periodischen Änderungen in der Schiefe der Ekliptik. Das Vorrücken der Nachtgleichen, durch welches, wie wir wissen, selbst unsre Himmelspole verschoben werden, vollendet sich in einer Periode von 25600 Jahren, die man gewöhnlich als das große oder platonische Weltjahr bezeichnet. Das Perihelium unsrer Erdbahn gebraucht, um die ganze Bahn zu durchlaufen, eine Zeit von mehr als 100000 Jahren, und bei weiter entfernten Planeten umfaßt die Periode dieser Bewegung noch ungleich längere Zeiträume. Die Periode, in welcher sich die Ab- und Zunahme der Schiefe der Ekliptik vollzieht, beträgt bei unsrer Erde 990000 Jahre. Nur die Nutation oder das Wanken der Erdachse, eine dem Vorrücken der Nachtgleichen ähnliche, aber vom Monde allein bewirkte Erscheinung, vollendet ihren Kreislauf in der kurzen Periode von 18 Jahren 219 Tagen.

Von allen Bahnelementen eines Planeten bleibt ein einziges unberührt von

störenden Einflüssen: die große Achse seiner Bahn oder seine mittlere Entfernung von der Sonne und, was damit innig zusammenhängt, die Umlaufszeit des Planeten. Dieser Umstand ist von der höchsten Wichtigkeit für die Stabilität unsres Systems. Die Mechanik weist nach, daß eine Änderung, welche die große Achse einer Bahn erlitte, wenn sie ursprünglich noch so unbedeutend wäre, doch dadurch gefährlich werden müßte, daß sie niemals zwischen bestimmten unabänderlichen Grenzen ab- und zunehmen könnte, sondern stetig in gleichem Sinne fortschreiten und so mit der Zeit sich anhäufen würde. Die Folge einer solchen Änderung wäre also unentrinnbares Verderben. Der Planet würde sich entweder fort und fort der Sonne nähern, oder stets weiter von ihr entfernen, also entweder unaufhaltsam in die Sonne stürzen oder sich in den endlosen Raum verlieren. Dem französischen Mathematiker Lagrange gebührt das Verdienst, diese Besorgnis für immer entfernt zu haben. Ich kann hier mit wenigen Worten das wichtige Resultat seiner Forschung bezeichnen. So oft man in die Gleichung, welche der allgemeine Ausdruck der Säkularstörungen ist, denen die große Achse irgend einer Planetenbahn unterliegt, diejenigen Zahlen einsetzt, welche den einzelnen Planeten entsprechen, so heben sich stets sämmtliche Glieder der Gleichung auf. Mit andern Worten: die große Achse einer Planetenbahn erleidet durch den Einfluß der übrigen Planeten nicht die geringste Änderung, sie ist unter allen Elementen das einzige Unveränderliche.

Das „Problem der drei Körper“, d. h. die Bestimmung des Laufes eines Weltkörpers unter dem Einflusse seines Zentralkörpers und eines dritten störenden Körpers, ist das schwierigste der neuern Astronomie. In seiner Allgemeinheit hat es seine Lösung noch nicht gefunden. Für unser Sonnensystem bedarf es auch einer strengen Lösung nicht, da die Anziehungen der Planetenmassen zu gering sind gegenüber der gewaltigen Sonnenmasse, um bedeutende Wirkungen hervorzubringen. Daß dieses der Fall, ist für unsre rechnenden Astronomen übrigens ein wahres Glück, denn wenn im Sonnensystem auch nur drei Körper von ziemlich gleich großen Massen, jede etwa der Sonnenmasse gleich, vorhanden wären, so dürften unsre Berechner nur gleich die Arbeit einstellen, es wäre, mit allen Vorherbestimmungen himmlischer Erscheinungen zu Ende. Deshalb durfte der große Mathematiker Lagrange mit Recht sagen: „Es scheint, als wenn die Natur die Bahnen der Himmelskörper mit Vorbedacht so eingerichtet hätte, damit wir in der Lage sind sie berechnen zu können.“ Wie weit aber gleichwohl die Macht der Rechnungen reicht, das hat Leverriers Entdeckung bewiesen. Trotz aller Unvollkommenheit der Theorie, trotz aller Kleinheit der Veränderungen ward hier aus den Störungen ein Schluß gezogen auf den störenden Körper, ward durch die Störungen ein unbekannter Welkörper ans Licht gefördert.

Aber es war noch ein besonderer Gedanke, welcher bei der Lösung dieses Problems die meisten Astronomen beschäftigte, die Wiederherstellung der durch die Störungen anscheinend gefährdeten Sicherheit unsres Systems. Abweichung der Planeten von den geregelten Bahnen müssen, wenn sie im Laufe der Jahrtausende anwachsen, die Dauer unsrer Weltordnung in Frage stellen. Aber bisher

ist keine Störung aufgefunden worden, die beträchtlich genug wäre, Besorgnis zu erregen, keine, die sich nicht im Laufe der Zeit selbst vernichtete. Die Ursache davon liegt außer in dem gewaltigen Übergewicht der Sonnenmasse, wie der Masse jedes Zentralkörpers in unserm System überhaupt, über die Massen der Planeten oder Trabanten, in eigentümlichen, zum Teil noch nicht hinlänglich erkannten oder doch begründeten Umständen. Einer der wichtigsten unter diesen ist die Thatsache, daß die Umlaufszeiten sämtlicher Planetenbahnen unter sich inkommensurabel sind, d. h. daß sie niemals genau im Verhältnis ganzer Zahlen zu einander stehen. Hierin liegt die wesentliche Bedingung für den periodischen Charakter sämtlicher Störungen. Gäbe es Planeten mit Umlaufszeiten, die sich wie ganze Zahlen verhielten, so wäre eine endlose Anhäufung der Störungen und eine endliche Vernichtung der bestehenden Ordnung die Folge. Ein andrer Umstand, der allerdings als ein ziemlich zufälliger erscheint, aber gleichwohl einen nicht unwesentlichen Anteil an der Stabilität des Ganzen haben dürfte, ist der, daß die größte Exzentrizität der Bahnen meist mit den kleinsten Massen der Weltkörper zusammentrifft. Den Beweis dafür liefert der Merkur, noch auffallender die Schar der Planetoiden. Dieser Umstand wird von besondrer Bedeutung bei den Kometen. Besäßen diese Massen wie unsre Planeten, so würden sie, zumal sie in so großer Zahl die Sonne nach allen Richtungen umschwärmen, bei dem gewaltigen Kontraste ihrer Abstände unfehlbar Störungen von so bedeutender Größe veranlassen, daß sie die Ordnung des Ganzen auflösen müßten. Aber gerade die Kometen sind so massenarm, daß sie nur Störungen erleiden, nicht ausüben können. Bewegte sich der größte unsrer Planeten, der Jupiter, auch nur in einer Bahn, die so exzentrisch wäre wie etwa die Pallasbahn, so würde seine gewaltige Anziehung hinreichen, die Erde aus ihrer Bahn zu reißen. Aber gerade die gefährlichen Riesenplaneten besitzen die kreisähnlichsten aller Bahnen.

So können wir also den Bestand unsres Planetensystems unbedenklich für gesichert halten und brauchen wenigstens von dem Gesetze, das die Welten führt, keine Gefahr eines Umsturzes der Dinge besorgen. Freilich möchte ich das Wort „ewig“ hier nicht gern in den Mund nehmen, obgleich ich sehr gut weiß, daß manche verdiente Astronomen sich desselben bedienten, wo sie von der durch die Rechnung nachgewiesenen Stabilität des Planetensystems sprachen. Meiner Meinung nach kann die Rechnung indessen keine Gewähr für eine wirklich unbegrenzte Dauer der gegenwärtigen Anordnung der planetarischen Welt leisten, vielmehr gilt hier vor allem das Wort des Dichters: „alles was entsteht ist wert, daß es zu Grunde geht“. Unendlichkeit in Zeit wie im Raume sind für den menschlichen Verstand transcendente Begriffe und niemand darf sich unterfangen mit seinen Untersuchungen die Ewigkeit umspannen zu wollen!

Wir haben die Verfassung unsres großen Weltreiches kennen gelernt, wir werden nun auch begierig sein, seine Geschichte zu hören. Wir haben die Einheit und den innern Zusammenhang des Ganzen durch das Gesetz verbürgt gefunden, wir werden diese Einheit nun auch völlig gesichert und aufgeklärt wissen wollen durch eine Gemeinsamkeit des historischen Ursprunges. Aber eine Geschichte unsers

Planetensystems — in welche unendliche Vorzeit führt sie unsre Gedanken zurück! Die Thatsachen schwinden, denn keine Wissenschaft legt Zeugnis dafür ab. Nur die Ahnung sucht das Dunkel zu durchdringen. In den bestehenden Verhältnissen des Weltgebäudes sucht sie die Verzweigungen, welche rückwärts in die Vergangenheit leiten, und indem sie diesen folgt, wagt sie es, die Keime des Werdens zu ergründen. Es ist ein angeborener Drang des Menschen, dem Ursprunge der Dinge nachzuforschen, und in mehr als hundert Systemen hat sich dieser Drang bereits Luft gemacht, ohne jedoch im allgemeinen dadurch erheblich zur Aufklärung oder gar zum Fortschritt der Wissenschaft beigetragen zu haben.

Unter allen Theorien über die Entstehung unsres Planetensystems verdient diejenige nur Beachtung, welche dem größten Philosophen des vorigen Jahrhunderts und dem unsterblichen Schöpfer der Mechanik des Himmels, nämlich Kant und Laplace, ihren Ursprung verdankt. Sie verdient diesen Vorzug schon darum, weil sie sich auf thatsächliche Verhältnisse der Planetenordnung stützt. Es wird dem Leser nicht entgangen sein, daß in unsrer planetarischen Welt Thatsachen bestehen, die ebenso, wie auf eine Gemeinsamkeit des Gesetzes, auch auf eine Gemeinsamkeit des Ursprunges hindeuten. Alle Planeten unsres Systems bewegen sich um die Sonne von Westen nach Osten, die Trabanten umkreisen ihren Hauptplaneten von Westen nach Osten, alle Rotation der Planeten um ihre Achse geschieht in derselben Richtung. Die Bahnen aller Planeten sind nahezu kreisförmig, ihre Neigungen gegen die Ebene der Ekliptik oder vielmehr des Sonnenäquators sind außerordentlich klein. Zu diesen Verhältnissen, die auf eine sämtliche Planeten umfassende gemeinsame Urkraft hindeuten, kommt eine andre Thatsache, die einen Schluß auf ihren ursprünglichen Zustand gestattet. Alle Planeten sind kugelförmig, und dies deutet auf einen flüssigen oder vielleicht sogar gasförmigen Anfangszustand derselben. Bei manchen Planeten ist eine meßbare Abplattung erkannt worden, und man hat dieselbe früher wohl auch als eine Folge des Umschwunges auf einen ursprünglich flüssigen Zustand dieser Weltkörper betrachtet; diese Folgerung ist jedoch, wie ich hier kurz bemerken will, nicht mehr zulässig, da W. Thomson jüngst gezeigt hat, daß unsre Erde sich infolge ihrer Rotation an den Polen abplatten würde, wenn sie selbst aus Stahl bestände.

Stellen wir uns jetzt nach der Laplaceschen Theorie den Urzustand unsres Planetensystems als ein großes, unentwickeltes, formloses Chaos vor. Sonne und Planeten bilden einen großen zusammenhangenden Gasball in einer Form, wie sie jede sich selbst überlassene Flüssigkeit annimmt, der Form des Tropfens. Alles Flüssige nämlich strebt die Kugelform anzunehmen; denn in ihr wirkt die Kraft des Zusammenhanges mit gleicher Stärke nach allen Richtungen, strebt jedes Teilchen nach allen Seiten hin sich mit allen übrigen zu verbinden, so daß so wenig Punkte als möglich entblößt werden, die Oberfläche also die möglichst kleinste wird. Hätte nun jene Gasmasse, vollkommen sich selbst überlassen, von keiner außer ihr liegenden Kraft gehindert, ihrer Naturneigung nachzugeben, im freien Weltraume geschwebt, so würde sie eine vollkommen genaue Kugel gebildet haben. Aber in dieses Chaos mußte Bewegung kommen, wenn es sich gestalten,

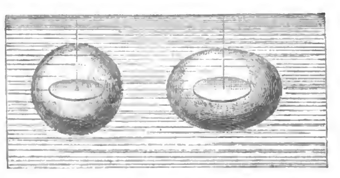
wenn es Welten gebären sollte. Eine solche Bewegung wird durch jene ferne Anziehungskraft gegeben, der noch heute, wie wir sehen werden, unser Sonnensystem durch die Räume des Himmels folgt. Dadurch wich natürlich die Form der Flüssigkeit von der Kugelgestalt ab; denn ihre Teile wurden nach der einen Seite hin stärker angezogen, die innere Kraft des Zusammenhanges ward nach dieser Richtung hin geschwächt. So entstand die Form des fallenden Tropfens, das Weltenei, über welchem die Mythologie den Gottesgeist gleich einem riesigen Vogel brütend schweben läßt.

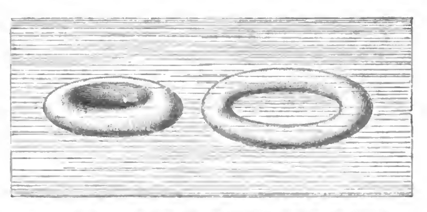


Bildung des Planetensystems.

Aber noch zur Annahme einer zweiten Bewegung sind wir gezwungen, wenn aus jenem Gasballe die Gestalten unsres Sonnensystems hervorgehen sollen. Es ist eine Umdrehung des Gasballes um sich selbst, deren Überrest wir noch in der Rotation unsrer Sonne und in dem Kreislaufe der Planeten um die Sonne zu sehen haben. Bewegte sich aber jenes Weltenei um eine Achse, so mußte sofort jene zweite Abweichung von der Kugelform eintreten, die wir bei allen rotierenden Körpern unsres Sonnensystems bemerkt haben, die Abplattung an den Polen. Formen wir uns eine Kugel aus weichem Thon und setzen wir dieselbe auf einer Drehbank in Umschwung, so wird sie sich in der Richtung der Achse zusammenziehen, in der Richtung senkrecht auf die Achse aber mehr und mehr ausdehnen, je mehr die Schnelligkeit des Umschwunges zunimmt. Ist dann endlich diese Schwungkraft so weit angewachsen, daß sie die Kraft des Zusammenhanges der einzelnen Teilchen überwiegt, so werden diese zerreißen und auseinander fliegen. Das mußte auch das Schicksal jenes chaotischen Gasballes unsres Sonnensystems sein. Überstieg auch hier endlich die Schwungkraft, welche jeden Punkt so weit

als möglich von dem Schwerpunkte der ganzen Masse zu entfernen strebte, die Kraft des inneren Zusammenhanges, so mußte der Gasball zerreißen. Dieses Wachsen der Schwungkraft wurde aber notwendig herbeigeführt durch die allmähliche Zusammenziehung und Verdichtung des sich drehenden Körpers. Mit der abnehmenden Wärme mußte auch die Ausdehnung jenes Gasballes sich vermindern, seine Masse sich verdichten. Während also einerseits die entlegeneren Teile tiefer nach dem Mittelpunkte des Gasballes herabsanken, wuchs anderseits die Geschwindigkeit der Drehung, nahm die linsenförmige Abplattung des ganzen zu. Die Folge dieser gleichzeitigen, einander entgegengesetzten Veränderungen, der Ausdehnung durch den Umschwung einerseits und der Zusammenziehung durch das Erkalten anderseits, war eine Trennung der äußersten Gasschicht von der innern Masse. Die losgerissene Gasschicht konnte aber nicht die Form einer hohlen, den zurückgebliebenen Gaskörper wie eine Schale umschließenden Linse behalten, sondern mußte notwendig die Form eines Ringes annehmen; denn nur um die Mitte, um den Äquator der Gaskugel herum hatte die Schwungkraft eine so große Gewalt erreicht, daß sie den innern Zusammenhang überwältigte. Der schmale Gasring aber hatte zugleich von dem ursprünglichen Ganzen her eine ungeheure Schleuderkraft überkommen, die seine verhältnismäßig geringe Zusammenhangskraft leicht überwog. Er mußte also wieder zerreißen, und um so leichter, als er infolge jener fremden, von der Ferne des Weltraums ausgehenden Anziehung nicht genau die Form eines Kreises behaupten konnte, seine Teile also sich in verschiedener Spannung befinden mußten. Da wo die Spannung am größten, trat der Riß ein. Befreit von der zusammenhaltenden Kraft der benachbarten Teile, folgte der zerrissene Ring nur der Schleuderkraft. Aber die unteren Schichten des Ringes haben nicht die gleiche Geschwindigkeit der oberen, sie halten die voraneilenden auf, die folgenden Teile drängen nach, und der Ringstreifen krümmt sich einwärts, rollt sich gleich einem Faden zu einem Knäuel auf. So entstand ein neuer, um sich selbst rollender Gasball, der dann in einer dem frühern Ringe ähnlichen Bahn seinen Umlauf um den Zentralkörper fortsetzte.


Das Plateausche Experiment zum Nachweise der Abplattung eines flüssigen Körpers.


Umformung der flüssigen Masse in einen Ring beim Plateauschen Experimente.

Natürlich konnten sich solche Ringabsonderungen bei zunehmender Verdichtung und Schnelligkeit der Drehung mehrmals wiederholen. Auch in manchem der neu entstandenen Gasplaneten konnte sich jener Vorgang erneuern. Neue Ringe konnten sich von ihnen absondern, die dann entweder zerrissen und Monde oder Trabanten bildeten, oder fester zusammenhielten, späterhin erkalteten und als dauernde Ringe um ihren Hauptplaneten kreisten. Allerdings konnte ein solcher Ring immer nur eine Seltenheit bleiben, da er eine Regelmäßigkeit in dem Prozesse der Erkaltung und Erstarrung voraussetzt, wie sie gewiß nicht oft eintrat. Es wäre damit wohl begreiflich, daß die Natur uns bisher nur ein einziges Beispiel solcher Wundergestaltung in unserm Planetensystem gezeigt hat, das Ringsystem des Saturn.

Wir sehen, daß sich die Entstehung der planetarischen Welten unsres Systems recht gut aus dieser Laplaceschen Hypothese erklären läßt. Auch steht sie im allgemeinen wohl in Übereinstimmung mit den Grundsätzen der Mechanik. Ja es ist sogar dem französischen Physiker Plateau gelungen, im kleinen die einzelnen Erscheinungen dieser Planetenbildung an einer Ölkugel, die in einer Mischung von Wasser und Weingeist in eine schnelle Umdrehung versetzt ward, nachzuahmen. Gleichwohl ließen sich einzelne Einwürfe gegen die Hypothese erheben, die ihre Übereinstimmung mit der Wirklichkeit in Frage zu stellen schienen. Die größte Schwierigkeit dagegen boten lange Zeit hindurch die Kometen dar; allein nach den neueren Untersuchungen von Schiaparelli fügen sie sich ebenfalls dem Systeme ein. Ihre Stellung wird freilich dabei eine etwas andre, als man früher glaubte. Sie sind mit unsrer Sonne verwandt und gleichen Ursprunges; sie entstanden lange vor Bildung der planetarischen Welt aus dem großen Nebelballe, der die gemeinsame Mutter des Sonnensystems und möglicherweise auch noch andrer Körper ist.

Wir sehen, in welches Reich wir geraten sind. Es ist gut, daß es an den Grenzen unsrer Weltordnung geschehen ist, wo ein Blick auf ihre Gesetze, auf die Macht und Bestimmtheit der Zahlen, durch die sie beherrscht wird, uns der Gegenwart wiedergibt. Lassen wir die Vergangenheit hinter uns; die Nebel der Phantasie erfüllen sie mit neckenden Gestalten! Halten wir uns an die Gegenwart und das Bestehende! Das rufe ich uns zu in dem Augenblicke, wo wir hinausschweifen sollen in eine unbekannte endlose Fremde!

Die Heimat liegt hinter uns, die Sternenwelt öffnet sich. Neue wunderbare Erscheinungen erwarten uns, aber nicht neue Gesetze! Die Urkraft, welche die Welten unsres Planetensystems in Bewegung setzte, wir haben sie erkannt als eine heimische, als gleichen Wesens mit der Kraft, welche den fallenden Stein zur Erde zieht. Die Gesetze, nach welchen die festen Welten unsres Systems ihre Bahnen durchrollen, nach welchen sie gegenseitig eingreifen in ihren Lauf, es sind dieselben wohlbekannten Gesetze, welche die Mechanik aus irdischen Erscheinungen geschöpft hat. So wird ein Band uns hinübergeleiten auch in die fernsten Tiefen des Himmelsraumes, und wo der letzte Lichtstrahl der Heimat uns entschwindet, wird das Gesetz uns geistig mit ihr verknüpfen!

Drittes Buch.

Die Fixstern- und Nebelwelt.



Die neue Sternwarte zu Straßburg.

Erstes Kapitel.

Eine Sternennacht.

Da soll nun Stern zum Sterne deutend winken,
Ob dieses oder jenes wohlgethan;
Dem Irrtum leuchten zur verworrnen Bahn
Gestirne falsch, die noch so herrlich blinken.

Kein Mondlicht, kein Schimmer einer Dämmerung, selbst kein Wölkchen trübt das reine, sammtartige Dunkel des Himmelsgewölbes. Eine prachtvolle Sternlandschaft breitet sich über uns an diesem dunklen Grunde aus. Die Milchstraße fließt wie ein silberner Strom mitten durch diese Landschaft, und in ihr glänzen die Sternbilder des Antinous, des Schwans, der Kassiopeja, des Perseus und des Fuhrmanns. Tief in Südwesten funkelt der Fomalhaut des südlichen Fisches, weiter im Süden strahlen die Sterne des Walfisches und weiter hinauf die der Andromeda. Den westlichen Himmel schmücken der Adler und der Pegasus, den östlichen die schönste Zierde des Himmels, der Orion. Im Norden glänzen unter den Sternbildern der beiden Bären die Leier mit der strahlenden Wega, Herkules und die nördliche Krone. Solche Nächte mußten es sein, die in den Alten jene unnennbare Sehnsucht zum Himmel erweckten; denn der Fixsternhimmel in der Fülle seiner funkelnden Welten ist es noch heute, der in dem Kinde die erste und mächtigste sinnliche Anregung, die tiefste und nachhaltigste Bewunderung weckt.

Es geht dem Menschen, diesem Sternhimmel gegenüber, wie dem einsamen Bewohner eines engen, rings von Felswänden umschlossenen Thales, wenn ein Windstoß einmal fremde Blumen oder die Erzeugnisse einer unbekannten Kultur in sein Thal hinabwirbelt und ihn hinauslockt in das fremdartige Treiben des Jenseits. So rieselt ein Schauer von Licht aus den fernen Himmelsräumen auf den Erdenbewohner herab, und es dringt die Kunde unbekannter Welten zu ihm. Da ergreift ihn ein mächtiges Sehnen nach jener Ferne, und überall, wo an der Grenze beschränkten Wissens wie von einem Inselufer aus der Blick in die Weite schweift, gibt die Sehnsucht und der Glaube an das Wunderbare und Ungewöhnliche den luftigen Schöpfungen der Phantasie bestimmte Umrisse und verschmilzt sie unmerklich mit den Formen der Wirklichkeit. In der Geschichte der Wissenschaften bezeichnet man diese Zeit der Trugbilder als die mythische Periode, und in keiner Wissenschaft hat diese länger gewährt als in der Astronomie, wo sie noch in die letzten Jahrhunderte hineinreicht.

Wir haben den Fixsternhimmel in seiner ganzen Festigkeit und Unwandelbarkeit kennen gelernt, haben sogar die wahren Fixsternörter von den kleinen Schwankungen, in denen sich der Lauf der Erde mit all seinen kleinen Störungen am Himmel abspiegelt, zu befreien gelernt; wir haben uns vollends in den letzten Ausflügen gewöhnt, die Fixsterne als feste Marksteine für die Bewegungen der Planeten und Kometen zu betrachten, und gesehen, wie die Verschiebung eines solchen vermeintlichen Marksteines wiederholt zur Entdeckung von Planeten geführt hat. Ich habe den Leser ferner bei Gelegenheit jener Vorbereitungen auf die außerordentliche Genauigkeit aufmerksam gemacht, welche die Bestimmung der Fixsternörter erfordert, und ihm gezeigt, daß die oberflächliche Gruppierung der Sterne in Sternbilder, wie sie uns aus alter Zeit überkommen, für eine wissenschaftliche Erforschung des Himmels nicht mehr ausreicht, daß an ihre Stelle ein künstliches Netz treten mußte, dessen unverschiebbare Maschen für alle Zeiten die Lage jedes Sternes und jede auch noch so kleine Veränderung, die sie erleiden möchte, bestimmen ließen. Jetzt müssen wir unsre Blicke auf die verschiedenen Helligkeitsverhältnisse der Fixsterne lenken, die vor allem den entschiedensten Anteil an der Physiognomie der Himmelslandschaft haben und vor allem geeignet sind, den Schein des Landschaftsbildes in Wirklichkeit und räumliche Tiefe zu verwandeln, da sie am ehesten den Schluß auf eine Verschiedenheit der Entfernungen gestatten.

Schon Hipparch hat den Versuch gemacht, Helligkeitsabstufungen oder Größenklassen der Fixsterne festzustellen. Er unterschied die für gewöhnlich sichtbaren Sterne in sechs Klassen. In neuerer Zeit hat man diese Einteilung auch auf die teleskopischen Sterne ausgedehnt und unterscheidet im allgemeinen 16 bis 20 solcher Größenklassen. Daß die Abgrenzung dieser Klassen gegeneinander bei den teleskopischen Sternen sehr unbestimmt ist, liegt in der Schwierigkeit jener Lichtschätzungen überhaupt. Man darf sich nicht wundern, wenn ein Astronom noch Sterne zur 12.—13. Klasse zählt, die ein andrer bereits in die 15.—16. Klasse setzt. Auffallender ist die Unsicherheit in den ersten Helligkeitsklassen. Im allgemeinen rechnet man gegenwärtig 17 Sterne des ganzen Himmels zur ersten Klasse.

Es sind der Sirius im großen und der Procyon im kleinen Hunde, der Canopus und ein andrer Stern im Schiffe, die beiden Hauptsterne des Centauren, der Arktur im Bootes, Riegel und Beteigeuze im Orion, die Capella im Fuhrmann, die Wega in der Leier, der Acharnar im Eridanus, der Aldebaran im Stier, der Hauptstern des Kreuzes, der Antares im Skorpion, der Altair im Adler und die Spica in der Jungfrau. Es ist aber durchaus nicht einzusehen, warum man nicht die schwächeren Sterne erster Größe in die zweite oder die hellsten Sterne zweiter Größe, wie den Fomalhaut im Fisch, den Pollux in den Zwillingen und den Regulus im Löwen, noch in die erste Klasse gesetzt hat. Die Unterschiede in der Helligkeit sind zwischen diesen Sternen keineswegs so groß, daß sie eine Scheidung rechtfertigten. Die Astronomen weichen darum auch bedeutend voneinander ab. Ptolemäus und mit ihm das ganze Mittelalter zählt nur 15 Sterne erster Größe, Mädler zählt deren 18, Rümker sogar 20.

In den letzten anderthalb Jahrhunderten haben die Helligkeitsverhältnisse eine erhöhte Wichtigkeit bekommen. Man hat erkannt, daß Veränderungen am Himmel geschehen können, welche nicht die Örter der Fixsterne, sondern ihre Lichtverhältnisse berühren, und es sind Ereignisse eingetreten, die in überraschender Weise gerade in dieser Beziehung die Wandelbarkeit des für fest gehaltenen Sternhimmels dargethan haben. So wie also die Sternbilder der Alten sich ungenügend gegenüber den neueren Forderungen für die Ortsbestimmung der Sterne erwiesen hatten, so gewährten auch die gleichfalls aus dem Altertume überkommenen Größenklassen keine ausreichende Sicherheit mehr für die Erkenntnis der Lichtwandlungen der Sterne. Für die Sternbilder war ein Ersatz gefunden worden, für die Größenklassen suchte man einen ähnlichen in wirklichen Lichtmessungen. Die verschiedenartigsten Methoden und Mittel sind seitdem zu diesem Zwecke angewandt worden. Bald war es die Vergleichung der Sterne mit künstlichen, durch Reflex auf Glaskugeln gebildeten Sternen, bald wandte man Plangläser von verschiedener Dicke oder Farbe an, durch die man das Licht der Sterne gehen ließ. Dann suchte man wieder zwei Sterne durch zwei dicht nebeneinander gestellte Spiegelteleskope von völlig gleicher Beschaffenheit zu vergleichen, indem man durch vorgeschobene Pappringe von beliebigen Öffnungen die von dem größeren Sterne eindringende Lichtmenge so weit zu veringern suchte, bis sie der des andern gleichkam. Andre verglichen zwei Sterne unmittelbar mit einander, indem sie dieselben mit Hilfe von Spiegeln in dem Gesichtsfelde desselben Teleskops nebeneinander betrachteten. Wieder andre wandten Fernröhre mit geteilten Objektiven an, deren jede Hälfte das Sternlicht durch ein Prisma erhielt. Noch andre benutzten zur Vergleichung das von einem Prisma reflektierte Bild des Mondes oder des Jupiter, das sie durch eine Linse in verschiedenen Entfernungen zu einem lichtvolleren oder lichtschwächeren Stern konzentrierten. Endlich mußten selbst die stufenweise abgeschwächten Farbenringe des polarisierten Bildes eines Sternes zur Lichtmessung dienen. Zuletzt hat Zöllner in seinem sinnreichen Astrophotometer, bei welchem der wirkliche Stern mit einem künstlichen verglichen wird, dessen Helligkeit (und Farbe) beliebig meßbar verändert werden kann, ein Instrument von großer Genauigkeit geschaffen, und

bereits sind zahlreiche und wichtige Beobachtungen damit ausgeführt worden. Pickering in Cambridge (u. a.) hat jüngst ebenfalls ein Sternphotometer konstruiert und damit wertvolle Beobachtungen angestellt. Nichtsdestoweniger befindet sich im Großen und Ganzen unsre Lichtmessung doch noch in der Kindheit, und wir sind hier noch weit von jener Genauigkeit entfernt, mit welcher die Meßinstrumente des Astronomen über die Ortsveränderungen der Sterne zu entscheiden vermögen.

Trotz dieser Unzulänglichkeit der bisherigen Methoden haben diese Lichtmessungen doch bereits manches in den Verhältnissen der Sternenwelt aufgeklärt. Zunächst haben sie gezeigt, daß bei der Anwendung der gewöhnlichen Größenklassen dieselbe Bezeichnung die größten Verschiedenheiten umfaßt. Am auffallendsten ist dies in der ersten Klasse. Wenn man die Lichtmenge der Wega mit 1000 bezeichnet, so beträgt nach den Messungen von Ludwig Seidel die Lichtmenge von Sirius 4290, Rigel 993, Capella 819, Arktur 794, Procyon 700, Altair 490, Spica 486, Beteigeuze 359, Fomalhaut 340, Aldebaran 304, Antares 291. Nach John Herschel beträgt die mittlere Lichtmenge für die erste Klasse 500, für die zweite 172, für die dritte 86, für die vierte 51, für die fünfte 34 und für die sechste 25. Genauere Untersuchungen von Seidel, Zöllner und Rosén mittels des Photometers haben ergeben, daß die Sterngrößen, wie sie in den Bonner Sternkarten angegeben sind, sehr nahe so aufeinander folgen, daß jede hellere Klasse nahezu 4mal so viel Licht hat, als die darauffolgende. Von John Herschel ist sogar früher der Versuch gemacht worden, ein Verhältnis zwischen der Intensität unsrer gewöhnlichen Lichtquellen, des Sonnen- und Mondlichtes, und dem Lichte der Sterne herzustellen. Er fand den Vollmond 27 408mal heller als den Hauptstern des Centauren. Doch sind seine Messungen, oder richtiger Schätzungen viel zu unvollkommen gewesen, als daß sie Vertrauen verdienten. Nach neueren Untersuchungen, die von Zöllner mit außerordentlicher Sorgfalt angestellt worden sind, übertrifft die Sonne den Vollmond 618 000mal an Helligkeit. Das Licht welches die Sonne uns zusendet, übertrifft also ungefähr 18 000 000 000mal die Lichtmenge, welche wir vom Hauptstern des Centauren empfangen. Es ist dieses Resultat, so unsicher es auch sein mag, keineswegs bedeutungslos, denn es gestattet uns einen Blick in die wirklichen Lichtverhältnisse dieser fernen Welten. Bringt man nämlich die wahrscheinliche Entfernung jenes Sternes im Centauren, wie wir sie später kennen lernen werden, in Anschlag, so übersteigt die wahre Leuchtkraft jenes Sternes die unsrer Sonne fast zweimal. Noch auffallender wird dieses Verhältnis beim Sirius. Zöllners Messungen ergeben nämlich die Helligkeit des Sirius 14 000 000 000 mal schwächer als die der Sonne. Bei der allerdings noch nicht sehr zuverlässigen Schätzung des Abstandes des Sirius würde diesem eine wirkliche Lichtstärke zukommen, die 88mal unser Sonnenlicht überträfe. Gestützt auf die Messungen von Zöllner ergibt sich ferner, daß Wega unsre Sonne 11mal, Arktur 37mal, Capella sogar mehrere hundert mal an Leuchtkraft übertrifft. Der Stern Nr. 61 im Schwan besitzt dagegen nur etwa den zweihundertsten Teil des Lichtes unsrer Sonne, oder mit andern Worten: Wenn unsre Erde diesen Stern in demselben Abstande umkreiste, wie sie gegenwärtig die

Sonne umkreist, so würden wir nur $^1/_{200}$ des Lichtes empfangen, das uns heute zu teil wird.

Die Helligkeitsverhältnisse der Fixsterne, ihre Zahl und Verteilung am Himmel haben uns so zu einer, wenn auch rohen, Anschauung von der räumlichen Ausdehnung der Fixsternwelt verholfen. Der kühne Gedanke, die Tiefen des Weltraumes zu durchmessen, ging zuerst von William Herschel aus, welcher annahm, daß ein Stern erster Größe, in die doppelte Entfernung versetzt, als ein Stern zweiter Größe erscheinen werde, daß in der vierfachen Entfernung sein Glanz zur vierten Größe, in der achtfachen Entfernung zu fünfter oder sechster Größe herabsinken werde, daß man ihn überhaupt 12mal so weit, als er sich gegenwärtig befinde, in den Raum hinausrücken könne, ehe er aufhören werde, dem bloßen Auge sichtbar zu sein.

Er versuchte nun diese Schlüsse auch auf die teleskopischen Sterne auszudehnen. Zu diesem Zwecke richtete er ein kleines Fernrohr, von dem er genau ermittelt hatte, daß es viermal so viel Licht als das bloße Auge aufnahm, auf den weißlichen Fleck im Degengriffe des Perseus. Das bloße Auge entdeckte hier keinen Stern mehr; es war also keiner vorhanden, der einem Sterne erster Größe in seiner zwölffachen Entfernung gleichkam. Das kleine Instrument aber ließ eine große Menge deutlicher Sterne erkennen. Da es nun doch wahrscheinlich war, daß sich unter diesen wenigstens einige befanden, die an wirklicher Leuchtkraft dem Arktur oder dem Wega nicht nachstanden, so mußte er schließen, daß diese Sterne, um bei vervierfachter Helligkeit gerade noch sichtbar zu werden, doppelt so weit entfernt seien, als die letzten dem bloßen Auge sichtbaren Sterne, also 24mal so weit als die Sterne erster Größe. Ein zweites Fernrohr, das eine neunfache Lichtmenge in sich aufnahm, zeigte abermals Sterne, die man an dieser Stelle des Himmels im ersten Fernrohre nicht wahrgenommen hatte. Sie mußten also bei gleicher Helligkeit des Arktur und der Wega in der 36fachen Entfernung stehen. Herschel ging nun Schritt vor Schritt bis zum zehnfüßigen Teleskope fort und erkannte Sterne von einer Helligkeit, in welcher Sterne erster Größe erscheinen würden, wenn man sie 344 mal weiter als gegenwärtig hinausrücken könnte. Sein 20füßiges Teleskop erweiterte die Grenzen der Sichtbarkeit sogar auf das 900fache der Entfernung von Sternen erster Größe. Übrigens blieb auch für dieses Instrument noch ein ungelöster Nebel übrig, so daß Herschel den hellen Fleck im Degengriffe des Perseus zu den unergründlich tiefen Punkten der Milchstraße rechnet.

Aber Herschel machte noch einen andern sinnreichen Versuch, um in die Tiefen des Raumes vorzudringen. Er ging von der Annahme aus, daß alle Sterne den gleichen Glanz und die gleiche Entfernung voneinander besitzen, daß also im gleichen Raume eine gleiche Sternenzahl enthalten sei. Richtete er nun ein Fernrohr nach verschiedenen Gegenden des Firmamentes, so mußte sich aus der Anzahl der jedesmal im Gesichtsfelde erscheinenden Sterne auf die Entfernung schließen lassen, in welche die Sterne nach jeder Richtung hinausgehen. Es mußte sich geradezu die Tiefe des sternerfüllten Raumes verhalten wie die Kubikwurzel

der im Gesichtsfelde erscheinenden Sternzahl. Herschel nannte sein Verfahren sehr bezeichnend ein Sondieren oder Aichen des sternerfüllten Raumes; in der That mißt die zu- und abnehmende Sternmenge die Tiefen der Sternschicht, wie das Senkblei die Tiefen des Meeres mißt. Bis auf 155 Sternweiten maß Herschels Sonde in der einen, bis auf 820 Sternweiten in der andern Richtung die Tiefen der Sternwelt, und er glaubte infolge dieser Sondierungen auf eine flache linsenförmige Gestalt derselben schließen müssen. Aber jenseit dieser Linse dehnten sich neue Räume aus, und neue Sterne glimmten in ihrem Dunkel, deren Tiefe er auf Tausende von Sternweiten schätzen zu müssen meinte.

Struve hat in neuerer Zeit auf anderm Wege diese Verhältnisse zu ergründen gesucht. Er hat dabei Rücksicht genommen sowohl auf die Zahl der Sterne der verschiedenen Größenklassen, wie auf die sichtliche Zunahme ihrer Häufigkeit gegen die Milchstraße hin. Sein Resultat weicht wesentlich von dem Herschelschen ab, da er für die Sehkraft des bloßen Auges nur einen Raum von $7^3/_4$ Sternweiten erhält, während sie sich nach Herschel auf 12 Sternweiten erstrecken müßte. Struve zog daraus den Schluß, daß die Sterne dem Auge früher entschwinden, als sie es nach ihrer Entfernung und Leuchtkraft sollten, daß das Sternlicht also auf seinem Wege zu uns geschwächt wird, daß der Himmelsraum nicht völlig durchsichtig ist. Dieser Schluß wird schon durch die einfache Thatsache gerechtfertigt, daß wir trotz der unendlichen Zahl der Sterne nicht ein gleichmäßig erhelltes Himmelsgewölbe, sondern nur vereinzelte Lichtpunkte auf dunklem Grunde erblicken. Infolge der Schwächung (Extinktion) des Lichtes im Weltraume vermag das Teleskop auch nicht so weit in dessen Tiefen einzudringen, als dies bei völliger Durchsichtigkeit der Himmelsräume der Fall sein würde. Nach den Berechnungen Struves erstreckte sich die raumdurchdringende Kraft des großen 40füßigen Teleskops infolge der Lichtabsorption nur bis zu ungefähr 370 Sternweiten, und Sternhaufen waren in Gestalt eines Nebels durch dasselbe noch in 800 Sternweiten Abstand sichtbar.

Wie man nun auch über den wissenschaftlichen Wert und die Zuverlässigkeit solcher immerhin auf halb wahre Voraussetzungen gegründeten Schlüsse urteilen möge, sie gewähren wenigstens eine annähernde Anschauung von der räumlichen Ausdehnung der Sternenwelt. Weiter zu gehen, neue Schlüsse darauf zu bauen, wäre bedenklich. Es läge vielleicht nicht ganz fern, aus den erhaltenen Aufschlüssen über die verschiedenen Entfernungen der Fixsterne auch die wirkliche Größe dieser Welten, wenn auch gleichfalls nur annähernd, bestimmen zu wollen. Allerdings zeigen die meisten Fixsterne sowohl dem bloßen Auge, als im Fernrohre Scheiben von merklichem Durchmesser. Aber schon der Umstand, daß diese Scheiben bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen auffallend kleiner erscheinen, und noch mehr, daß selbst ein Stern erster Größe bei einer Bedeckung durch den Mond plötzlich verschwindet, beweist, daß jene Scheiben auf einer Täuschung beruhen. Gleichwohl hat man lange Zeit die Hoffnung nicht aufgegeben, die wahren Durchmesser der Fixsternscheiben zu messen. Die Verbesserung der Beobachtungsmittel führte in der That zu einer fortschreitenden Verkleinerung jener Scheiben, und darin schien

nur eine Bestätigung jener Hoffnung zu liegen. Kepler hatte noch den Durchmesser des Sirius zu 240, Tycho zu 120 Sekunden angegeben. Albategnius verringerte ihn bereits auf 45, Gassendi auf 10 Sekunden und Jacob Cassini und Hevel, die durch Verengung der Objektivöffnung des Fernrohres das Licht der Sterne abzuschwächen und damit die Ursache jener Täuschung zu heben suchten, gaben dem Sirius sogar nur 5 und 6,3 Sekunden Durchmesser. William Herschel vermochte bei Anwendung einer 6500fachen Vergrößerung die Scheibe der Wega sogar nur zu 0,36 und die des Arktur zu 0,2 Sekunden im Durchmesser zu schätzen. Läßt man aber auch nur diese kleinsten scheinbaren Größen gelten, und berücksichtigt man dann die Entfernung, die man mindestens den nächsten Fixsternen geben muß, so erhält man noch wahre Durchmesser von 4—7 Millionen Meilen für diese beiden Fixsternwelten, also Größen, die absolut unzulässig sind.

Schon Gassendi war von der geringen Helligkeit überrascht, welche die sämtlichen, gleichzeitig an unserm Himmelsgewölbe glänzenden Sterne in einer völlig heitern Nacht verbreiten. Er kam dadurch auf den Gedanken, zu untersuchen, welche Größe und welchen Glanz eine Scheibe darbieten müsse, welche man aus allen diesen Sternen nach der Vorstellung, die man damals von ihrem scheinbaren Durchmesser hatte, zusammensetzte. Indem er nun die Durchmesser der Sterne erster Größe zu 3, die zweiter Größe zu $2^1/_2$ Minuten und so fort, die der sechsten Größe zu $^1/_2$ Minute annahm, fand er, daß schon die Hälfte der 1026 von Hipparch als mit bloßem Auge sichtbar aufgeführten Sterne hinreiche, in ihrer Vereinigung eine Scheibe zu bilden, welche die Mond- oder Sonnenscheibe noch übertreffe. Da nun jeder Stern überdies für sich mehr Licht ausstrahlt, als ein entsprechender Teil des Mondes, so müßten jene 513 Sterne zusammen uns mehr Licht zusenden, als selbst der Vollmond. Da dies aber nicht stattfindet, so folgt daraus, daß die den Sternen beigelegten Durchmesser bei weitem zu groß sind.

Dies war ein erster roher Versuch. Die Resultate der heutigen Lichtmessung geben ihm eine überraschende Erweiterung dadurch, daß sie eine Grenze für die Größe der scheinbaren Sterndurchmesser setzen. Wir wissen nämlich, daß nach den Untersuchungen von Zöllner mindestens 14 000 Millionen Sterne von der Helligkeit des Sirius dazu gehören würden, um die Erde ebenso stark als die Sonne zu erleuchten. Nehmen wir nun an, daß der Sirius an sich denselben Glanz besäße wie die Sonne, so würden auch 14 000 Millionen solcher kleiner Scheiben von der Größe des Sirius vereinigt werden müssen, um der Oberfläche der Sonne gleich zu sein. Der Durchmesser der Sonne aber beträgt 32 Min. oder 1920 Sek. Durch eine einfache Rechnung läßt sich nachweisen, daß 16 000 Millionen kleiner Kreise der Sonnenoberfläche gleich sind, wenn jeder derselben $^1/_{60}$ Sekunde zum Durchmesser hat. Das ist also der größte Durchmesser, den wir dem Sirius geben könnten. Ja dieser Durchmesser setzt noch voraus, daß der Glanz des Sirius dem der Sonne gleich sei. Nun haben wir aber bereits gesehen, daß die wirkliche Lichtstärke des Sirius die der Sonne vielleicht um das 86fache übertrifft. Der Winkeldurchmesser des hellsten Sternes am Himmel würde damit also noch weit unter jene Grenze zu setzen sein. Wir sehen, daß

damit für unsre jetzigen Meßinstrumente keine Messung von Fixsternscheiben in Aussicht gestellt wird, und ich glaube, daß eine solche auf direktem Wege überhaupt niemals möglich sein wird.

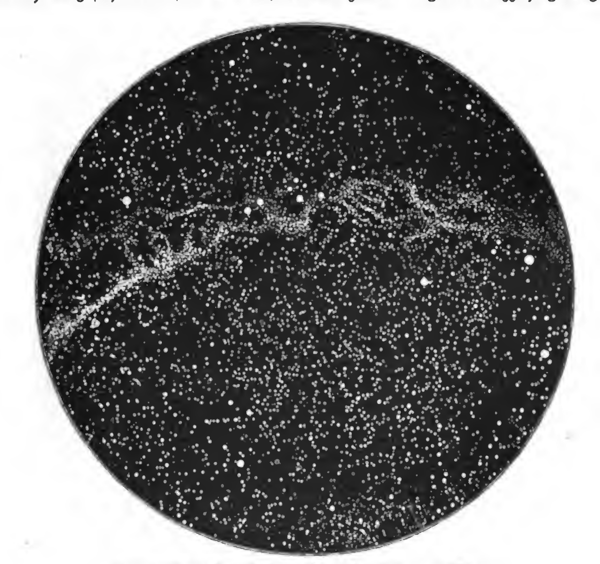
Wir haben somit wenigstens ein oberflächliches Bild der Raumverhältnisse der Sternwelt erhalten. Es ist freilich nur ein Bild, wie wir es uns etwa von einem Lande, das wir bereisen wollen, aus dürftigen Nachrichten zusammensetzen. Gleichwohl können wir es nicht unterlassen, diesem dürftigen Bilde noch eine gewisse Vollendung zu geben, indem wir zu der Ausdehnung seiner Räume auch die Zahl seiner Welten wenigstens in annähernder Weise fügen.



Die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne der nördlichen Halbkugel.

Wir werden es nicht unternehmen, die Sterne am Himmel zu zählen, und das Altertum vermochte es ebensowenig. Der größte Astronom des Altertums, Hipparch, gibt die Zahl der am schönen griechischen Himmel sichtbaren Sterne auf nicht mehr als 1600 an, sein Sternverzeichnis, das uns von Ptolemäus hinterlassen worden, umfaßt sogar nur 1026 Sterne. Und doch erregte seine That eine solche Bewunderung, daß Plinius es ein der Götter würdiges Unternehmen nennt, daß Hipparch der Nachwelt den Himmel wie zur Erbschaft hinterlassen wollte. Dieses Unternehmen war übrigens gar nicht so sehr schwierig, als es aussieht. Denn wie viele Sterne glaubt der Leser wohl, daß mit bloßem Auge an der nächtlichen Himmelssphäre gesehen werden können? Man rät auf zahllose Tausende, und so

ergeht es fast allen Menschen, mit Ausnahme der wenigen, welche die Zahl kennen! Nein, wenn etwas beim Anblick des nächtlichen Sternenhimmels überrascht, so ist es die Versicherung, welche die Wissenschaft erteilt, daß die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne sich auch in der klarsten Nacht nicht auf 5000 belaufen. Diese Anzahl wird uns gering vorkommen; allein wenn wir uns der Mühe unterzögen, sämtliche von uns wahrgenommene Sterne einen nach dem andern in Karten einzutragen, so würden wir diese Angabe bestätigt finden. Diese mühevolle Eintragung aller dem bloßen Auge sichtbaren Sterne in Karten haben nämlich verschiedene Astronomen wirklich ausgeführt und sind übereinstimmend zu der obigen Grenzzahl gelangt.

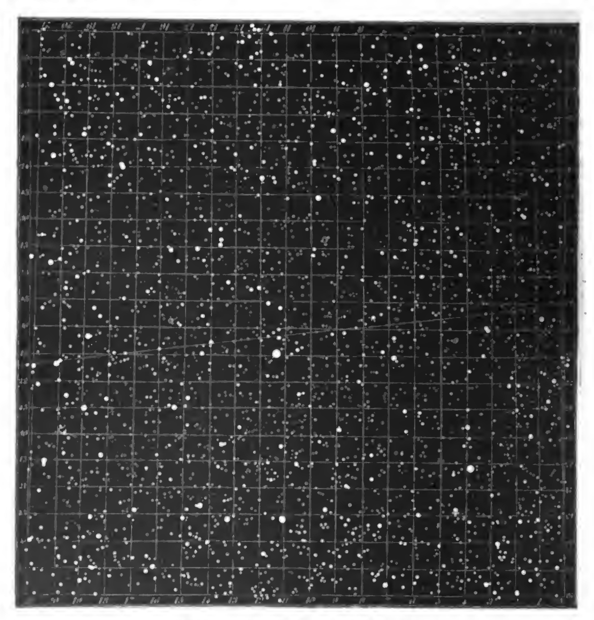


Die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne der südlichen Halbkugel.

Nördlich vom Himmelsäquator erblickt ein normales Auge höchstens 2500 Sterne; dieselben sind nach ihrer richtigen gegenseitigen Lage und Helligkeit in die nebenstehende Karte eingetragen; die gegenüberstehende gibt in der gleichen Weise die etwas zahlreicheren (3300) Sterne der südlichen Himmelshälfte. Aber die Astronomen sind noch viel weiter gegangen, ihre Kataloge beschränken sich durchaus nicht auf die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne, sondern reichen weit tiefer bis zu den teleskopischen Fixsternen. Auf diese zahlreichen Beobachtungen konnten erst genaue Himmelskarten gegründet werden, wie z. B. jene der Berliner Akademie, welche alle Sterne zwischen 15° nördlicher und 15° südlicher Deklination enthalten, die in einem Fraunhoferschen Kometensucher von 34''' Öffnung bei

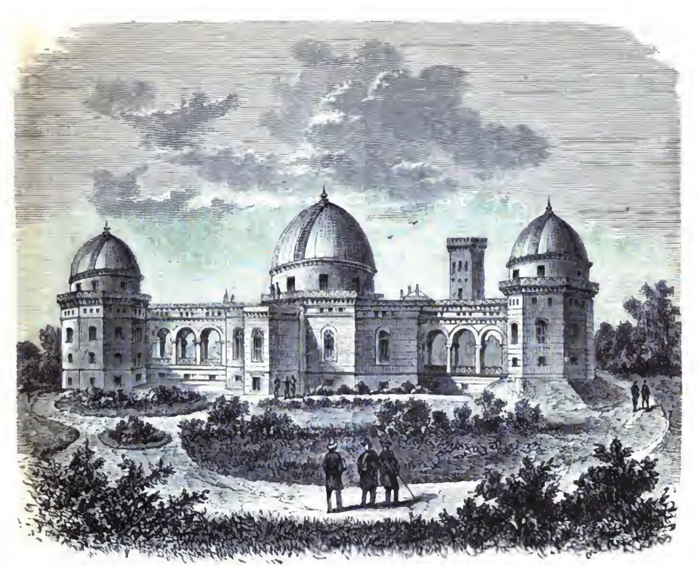
10maliger Vergrößerung sichtbar sind. Dieses Kartenwerk ist in neuester Zeit durch eine bewundernswürdige Arbeit Argelanders und seiner Mitarbeiter noch weit übertroffen worden.

Neben Argelander hat sich besonders Chacornac mit der Anfertigung sehr genauer Sternkarten beschäftigt. Dieselben erstrecken sich jedoch nicht über den ganzen Himmel, sie umfassen nur einen schmalen Streifen längs der Ekliptik.



Ekliptische Sternkarte. Nach Chacornac.

Die vorstehende Abbildung zeigt ein Stück einer solchen Sternkarte, verkleinert. Struve nimmt für das Herschelsche 20füßige Spiegelteleskop bei 180facher Vergrößerung für den gesamten Himmel 20374000 Sterne an, und William Herrschel selbst schätzt die in seinem berühmten 40füßigen Teleskope in der Milchstraße allein sichtbar werdenden Sterne auf 18 Millionen. Der eigentliche Reichtum des Himmels an Sternen beginnt also erst bei der teleskopischen Betrachtung.



Das astrophysikalische Observatorium zu Potsdam.

Zweites Kapitel.

Die Eigenbewegungen der Fixsterne.

Du Ruhigscheinende, Gewaltsaminnige,
Eröffne deiner Schatten grausen Schlund,
Die alte Macht sei ohne Zauber kund!

Ungeheuer wie die Räume erscheinen uns auch an Zahl die Welten, deren Gebiet wir betreten wollen. Ruhig und fest schimmert diese Sternenschar über uns, seit Jahrtausenden unveränderlich in ihrer Gruppierung, die Symbole des Ewigen für alle Völker und alle Zeiten. Jetzt, da wir den Fuß unter sie setzen, werden sie in Bewegung geraten, werden die ewigen Sternbilder sich auflösen, werden ihre ewigen Lichter aufleuchten, sich wandeln, erlöschen. Aber was das beschränkte irdische Auge niemals am Fixsternhimmel zu erspähen vermag, Ordnung, Gesetz, das wird der von der Wissenschaft zu diesen Welten emporgetragene Blick mit stolzer Genugthuung entdecken. Und nicht Wunder, sondern Sinn und Gesetz zu erkennen, ist der Zweck einer rechten Wanderung durch die Fremde.

Wir kennen den Zauberstab, der uns die geheimnisvollen Räume des Himmels erschließt, der uns jene Sinnbilder ewiger, ungestörter Ruhe, jene goldenen Nägel am Kristallgewölbe der alten Philosophen in raumerfüllende, bewegte Welten verwandelt. Wir wissen, daß dieser Zauber in nichts anderm beruht,

als in der gleichen besonnenen Prüfung, durch welche wir eine wirkliche Landschaft von einem Gemälde unterscheiden. Diese Prüfung muß uns den Nachweis einer gleichen oder verschiedenen Entfernung der einzelnen Gegenstände der Landschaft liefern. Entscheidend darüber wird also die Wahrnehmung einer eignen Bewegung der Gegenstände selbst oder von Veränderungen, in denen sich unsre persönliche Bewegung draußen abspiegelt. Ein Zweifel könnte nur noch darüber entstehen, welcher von beiden Ursachen die wahrgenommenen Veränderungen zuzuschreiben seien, der wirklichen, von uns unabhängigen Bewegung draußen, oder dem Widerschein unsrer eignen. Aber auch dieser Zweifel wird sich aus der Art und Richtung der wahrgenommenen Bewegungen lösen lassen. Eine Übertragung unsrer eignen Bewegung auf die Außenwelt wird sich immer in einer gewissen Regelmäßigkeit äußern und eine gewisse Ruhe in der Richtung unsrer Bewegung erkennen lassen. Wenn wir durch einen Wald wanderten, so wird es uns nicht entgangen sein, daß die Bäume, die uns gerade gegenüber standen, ihre Lage nicht zu verändern schienen. Wenn wir aber auf die Gegenstände zur Rechten und Linken achteten, so wird es uns geschienen haben, als ob sie sich nach rechts oder links ausbreiteten. Selbst wenn wir nichts davon gewußt hätten, daß wir uns bewegen, so würden wir es doch eben aus jenem Auseinandergehen der Bäume zur Seite mit ziemlicher Gewißheit haben folgern können, daß und in welcher Richtung wir uns bewegten.

Ruhend und fest gleich jenen Bäumen des Waldes, so dünkt uns die Sternenschar des Himmels. Die Physiognomie des Himmels scheint uns unveränderlich, heute dieselbe, wie sie vor Jahrtausenden war. Die wenigen umherschweifenden Planeten und Kometen, die aufblitzenden Sternschnuppen und Meteore können die Physiognomie der Sternlandschaft nicht dauernd, nicht auffallend verändern; das Vorrücken der Nachtgleichen, das Wanken der Erdachse kann wohl neue Sternbilder heraufführen, andre Teile der Landschaft sichtbar machen, aber es kann diese Sternbilder selbst nicht auflösen, noch neue Gruppen schaffen. Die Millionen Meilen, die wir alljährlich mit unsrer irdischen Heimat durch die Räume des Sonnensystems dahin wandeln, sie verschwinden wirkungslos gegen die Unermeßlichkeit der Fixsternwelt. Da verlangen wir denn hinausgetragen zu werden in jene Räume, in schnellem Fluge sie zu durcheilen, um diese ruhende Landschaft in Bewegung zu bringen. Aber gedulden wir uns! Vielleicht ist es gar nicht mehr nötig, uns in Bewegung zu setzen; vielleicht befinden wir uns längst auf einer Reise mitten durch jene Fixsterne hin, und längst fliegen diese Sterne an uns vorüber und weichen zur Seite gleich den Bäumen des Waldes. Bis jetzt haben wir ja nur flüchtige Blicke zum Sternhimmel erhoben, und wenn solch ein Blick auch ein Menschenalter umfaßte. Wie nun, wenn wir einmal einen recht langen, tiefen Blick in den Himmel thäten, einen Blick, der auf Jahrtausende zurückreichte? Wir wollen uns diesen Blick durch die Wissenschaft leihen. Wir erschrecken vor dieser überraschenden Verwandlung. Noch eben strahlte dort im Norden die prächtige Wega im Sternbild der Leier, ruhig schimmerte unweit davon die reichgeschmückte nördliche Krone, und zwischen beiden erblickten wir das

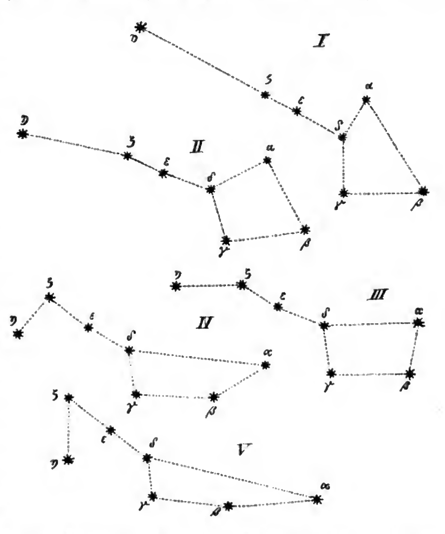
sternbesäete Bild des kämpfenden Herkules. Vor dem festen Blicke der Wissenschaft erbleichen Held und Kranz und Leier wie Gespenster; die dunkle Fläche, an welche das Altertum seine Bilder malte, thut sich auf, und ein weiter, unendlicher Raum klafft uns entgegen. Wir erblicken eine Bewegung, die fort und fort, seit das Menschengeschlecht besteht, auflösend und zerstörend auf die ganze Himmelsphysiognomie einwirkte. Schon schauen wir nicht mehr dieselben Sterngruppen, die vor 2000 Jahren noch ein Hipparch oder Ptolemäus schauten, und mit Entsetzen gewahren wir jedes Band der Ordnung am Himmel sich lösen, und gleichviel, ob nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden, wird das Kreuz des Südens und der Gürtel des Orion zerrissen und zerstückt sein.

Wir können nun unmöglich unsern Gedankenflug durch den Weltraum beginnen, ehe ich den Leser nicht ein Stück Weges auf jener wirklichen Reise geleitet und ihn mit den Erfahrungen bekannt gemacht habe, welche die Wissenschaft in der kurzen Zeit, seit sie bewußt diesen Weg wandelt, gesammelt hat. Ich führe ihn deshalb noch einmal zu jenem Walde zurück. Wir würden dort unzweifelhaft die Veränderungen um uns her am auffälligsten gefunden haben, wenn wir einmal einen Augenblick anhielten, um uns recht genau die Physiognomie unsrer Umgebung einzuprägen, und erst, nachdem wir dann einige Minuten mit geschlossenen Augen weiter gewandelt wären, die Augen wieder geöffnet hätten. So ist es der Wissenschaft nun wirklich ergangen. Vor 2000 Jahren hatte Hipparch seinen spähenden Blick auf den Himmel geworfen und den damaligen Anblick desselben, damit er dem Gedächtnisse nicht entschwinde, durch ein genaues Sternverzeichnis verewigt. Bis zum Anfang des vorigen Jahrhunderts wandelte die Wissenschaft mit geschlossenen Augen weiter. Da fiel es einem Halley ein, die Augen wieder zu öffnen. Sein scharfer Blick durchforschte abermals den Himmel, er verglich den neuen Anblick mit dem alten, das neue Verzeichnis mit dem zweitausenjährigen. Siehe da, Sirius, Arktur, Aldebaran standen nicht mehr, wo sie der griechische Astronom verzeichnet hatte. Beobachtungsfehler reichten nicht hin, diese Veränderungen zu erklären; Täuschungen, etwa durch das Vorrücken der Nachtgleichen oder die Lichtabirrung, also durch Änderungen in der Stellung der Erde oder ihrer Bahn veranlaßt, hätten die gesamten Sterne in gleichem Maße getroffen. Die Veränderung, die hier vorlag, war eigentümlicher Art; es waren die Stellungen der Sterne zu einander verändert. Sirius hatte sich aus seiner alten Nachbarschaft entfernt und neue Gefährten gesucht; mancher Stern, der einst östlich von einem andern gestanden, wurde jetzt westlich von ihm gesehen. Jakob Cassini prüfte die von Halley erlangten Resultate und fand aus der Vergleichung seiner eignen Beobachtungen mit jenen von Richer, die 64 Jahre früher angestellt maren, daß der rothe Stern Arktur in Länge und Breite seinen Ort am Himmelsgewölbe langsam ändere. Man schritt nun ein Jahrhundert lang sehenden Auges vorwärts und fand, daß auch bei den sorgfältigsten Beobachtungen neuerer Zeit, bei Benutzung der vollkommensten Werkzeuge dasselbe Durcheinanderirren der Fixsterne fortwährte. Man fand geradezu, wie im Walde, daß zur Rechten und Linken die Sterne auseinander wichen, die einen schneller, die andern langsamer. Man

erkannte unzweifelhaft eine Eigenbewegung der Sterne, und damit war das gemalte Himmelsgewölbe, das vor der gesunden Vernunft längst nicht mehr bestanden hatte, auch vor dem Urteile der Sinne zerstört. Die Fixsterne waren nicht mehr fest, die Sonne selbst vielleicht ihrer Ruhe beraubt. Die Verschiedenheit in den Bewegungen der Sterne deutete zugleich auf eine Verschiedenheit in ihren Abständen. Besonders Tobias Mayer und Maskelyne bemühten sich, genauere Zahlenwerte für die Eigenbewegungen einer Anzahl von Fixsternen zu erhalten, und Piazzi veröffentlichte sogar im Jahre 1804 ein Verzeichnis von 300 Sternen mit näherungsweise ermittelter Eigenbewegung. Nur in betreff der Ursache dieser Bewegung konnte noch ein Zweifel sich geltend machen. Entweder konnte sie gedeutet werden als eine bisher uns unbewußt gebliebene weite Reise nicht der Erde allein, sondern unsrer stolzen Sonne selbst und ihres ganzen Systems durch die Weiten des Himmels, oder die Bewegung konnte auch den fernen Sternen allein angehören und einer Wirklichkeit entsprechen, wie wir sie etwa dem verwickelten Laufe der Planeten zu Grunde legen mußten. Ehe ich nun die Lösung dieser Frage mitteile, muß ich den Leser mit den Eigenbewegungen der Fixsterne selbst näher bekannt machen.

Das größte Verdienst um die Bestimmung der Eigenbewegungen der Fixsterne gebührt Bessel, Argelander und Mädler. Auf Grund des berühmten Bradleyschen Sternverzeichnisses von 1755 hat letzterer in den Jahren 1847—1856 die Eigenbewegungen von 3136 Sternen ermittelt. Die Größe dieser Bewegungen ist außerordentlich verschieden. Im Mittel beträgt sie etwa 10—11 Sekunden im Jahrhundert, wächst aber bei einzelnen Sternen bis auf mehrere Sekunden im Jahre an, während sie bei andern wieder noch nicht eine Sekunde im Jahrhundert erreicht. Die stärksten Bewegungen erwartete man ursprünglich bei den hellsten und darum wahrscheinlich auch nächsten Fixsternen zu finden, und in der That beträgt die Eigenbewegung des Sirius 125, des Procyon 133, des Arktur 226 und des Hauptsternes im Centauren 368 Sekunden im Jahrhundert. Aber ebenso große und noch größere Eigenbewegungen kommen in allen Klassen der Fixsterne vor, und ebenso zeigen einige der hellsten Sterne außerordentlich kleine Bewegungen. So besitzen die beiden hellsten Sterne des Orion, Beteigeuze und Rigel, nur eine Bewegung von 5 und 3,5 Sekunden im Jahrhundert. Die größten bisher beobachteten Bewegungen zeigen sogar einige Sterne sechster bis achter Größe. So beträgt die Eigenbewegung eines kleinen Sternes sechster bis siebenter Größe, Nr. 1830 des Katalogs von Groombridge 701, des Sternes Nr. 61 im Schwane 522, des Sternes Nr. 21185 in Lalandes Katalog 473, eines Sternes im Indianer 451, des Sternes o^2 im Eridanus 409 und des Sternes μ in der Kassiopeja 383 Bogensekunden im Jahrhundert. So klein diese Bewegungen an sich auch erscheinen, so erhalten sie doch eine Bedeutung durch die Kraft der Jahrtausende. Seit dem Beginne unsrer Zeitrechnung ist in der That die Bewegung des Arktur bereits auf $2^1/_2$, die des Sternes im Schwane auf 6, die des Sternes im Schiffe sogar auf 9 Vollmondbreiten angewachsen. Sie erhalten noch eine weitere Bedeutung dadurch, daß sie nur der Schein wirklicher Bewegung sind, die

bei den gewaltigen Entfernungen dieser Welten auf außerordentliche Geschwindigkeiten hindeuten, beim Arktur, mäßig geschätzt auf eine Geschwindigkeit von 10 bis 11 Meilen in der Sekunde. Wir dürfen nicht vergessen, daß nur derjenige Teil der Bewegung eines Fixsternes sich der direkten Beobachtung im Fernrohre bemerkbar machen kann, welcher senkrecht zur Gesichtslinie des Beobachters stattfindet. Ein Stern, der sich schnurgerade zur Erde hin bewegte, würde bei seiner großen Entfernung für uns ganz stillzustehen scheinen. Der Spektralanalyse ist es nun möglich, auch eine solche Bewegung zu erkennen, ja ihrer Größe nach zu messen. Wenn nämlich ein Fixstern sich der Erde nähert oder sich von ihr entfernt, so muß diese Bewegung die Brechbarkeit der von ihm ausgehenden Strahlen verändern. Die hellen Linien der Spektra irdischer Stoffe werden daher nicht mehr genau mit den entsprechenden dunklen Linien in den Spektren der betreffenden Sterne zusammenfallen. Findet eine Verschiebung der Spektrallinien gegen Rot hin statt, so entfernt sich der Stern von der Erde, erscheinen die Linien dagegen gegen das violette Ende des Spektrums verschoben, so findet eine Annäherung zur Erde statt. Aus der Größe dieser Verschiebungen läßt sich die Geschwindigkeit der Bewegung leicht berechnen. Auf diese Weise fand zuerst Huggins, daß der glänzende Sirius sich in jeder Sekunde 18 bis 22 englische Meilen von uns entfernt. Beteigeuze entfernt sich 22 englische Meilen pro Sekunde. Arktur nähert sich uns 55, Wega 44 bis 54, Deneb 39, Pollux 49, α im großen Bären 47 bis 62 englische Meilen in jeder Sekunde. Vogel hat auf der schönen Sternwarte Bothkamp die Untersuchungen von Huggins wiederholt. Er fand, daß Wega sich mit einer Geschwindigkeit von $11^{1}/_{4}$ geographischen Meilen der Sonne nähert; für Altair betrug dieselbe Bewegung $10^{2}/_{5}$ geographische Meilen. Die zahlreichsten Beobachtungen der Spektrallinie der Fixsterne behufs Ermittelung ihrer relativen Bewegungen zur Erde haben auf der Stern=



Karte der Stellung der Sterne des großen Bären in Vor= und Nachzeit.
I. Vor 100000 Jahren. II. Vor 50000 Jahren. III. Zur Jetztzeit.
IV. Nach 50000 Jahren. V. Nach 100000 Jahren.

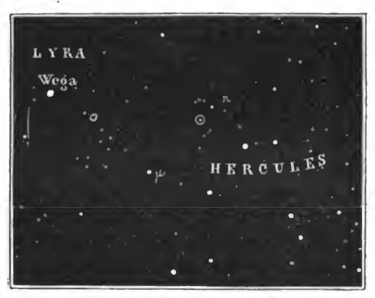
warte zu Greenwich stattgefunden, doch sind die Messungen so schwierig, daß man noch nicht von allgemeinen Resultaten sprechen kann.

So viel ist sicher, daß die Eigenbewegung durchaus in keiner bestimmten Beziehung zur Helligkeit der Sterne steht. Wenn wir also ein gewisses Abhängigkeitsverhältnis zwischen der Eigenbewegung und der Entfernung gelten lassen wollen, so werden wir auch den Schluß gerechtfertigt finden, daß Sterne jeder Helligkeitsklasse in allen Entfernungen in gleicher Häufigkeit vorkommen. Allerdings beschränkt sich die Beobachtung dieser Bewegung erst auf eine kleine Zahl von Sternen, die verschwindend ist gegen die Hunderttausende und Millionen von Sternen, welche eine gegründete Schätzung am Himmel nachweist. Neun Jahre war Mädler beschäftigt, um nur für 3000 Sterne jene Bewegung aus den vorhandenen Beobachtungen seit Bradleys Zeiten abzuleiten. Welche Riesenarbeit ist der Wissenschaft also noch aufgehoben! Aber erst spätere Zeiten werden diese Arbeit zu leisten haben. Noch sind unsre umfassenderen Sternverzeichnisse zu neu, um bereits die Spuren einer Veränderung erkennen zu lassen.

Wir wissen jetzt, auf einen wie kleinen Teil der Himmelswelt sich unsre Kenntnis von den Eigenbewegungen der Sterne noch erstreckt, und wir werden nun auch die ganze Schwierigkeit einer Antwort auf jene Frage begreifen, die ich vorhin aufwarf. Es war die Frage, ob unsre Sonne allein, oder ob jeder der Fixsterne in einer Bewegung begriffen sei. Daß die Sonne allein unter allen den zahllosen Welten mit ihrem reichen Gefolge durch den Raum zu wandeln bestimmt sei, liegt außer aller Wahrscheinlichkeit. Ist die Sonne ein Fixstern gleich den andern, warum sollte nur sie ihre Ruhe nicht finden können! Oder wäre sie nur der Trabant eines höhern Systems, wäre es ein benachbarter Fixstern, um den sie zu kreisen hätte? Dagegen spricht wieder die ungeheuere Weite der Bahn, die sie zu durchlaufen hätte; denn so klein sind die Veränderungen in der Lage der Fixsterne, daß sich auf Millionen von Jahren schließen läßt, die erforderlich wären, damit die Sonne ihre Periode vollenden könnte. Wiederum den Fixsternen allein jene Bewegung zuzuschreiben, ist ebenso gegen alle Wahrscheinlichkeit; welches Vorrecht hätte denn die Sonne vor ihnen? So bleibt uns nur übrig, eine gleichzeitige Bewegung von Sonne und Fixsternen anzunehmen und damit freilich die Erscheinung in bedenklicher Weise zu verwickeln. Jede der kleinen Ortsveränderungen der Sterne am Himmel stellt sich uns nun dar als eine Vereinigung jener zusammenwirkenden Bewegungen. Welche Aussicht bietet sich uns, diese ineinander greifenden Ursachen und Wirkungen zu trennen? Wir wollen sehen, wie weit es der Wissenschaft geglückt ist, wenigstens den Weg und die Richtung aufzufinden, nach welcher ein unaufhaltsamer Zug unsre Sonne mit Erde und Planeten in den Raum hinausführt.

Zunächst ist die ganze Anschauung, von der wir ausgingen, wesentlich umgestaltet. Wir glaubten uns durch einen Wald dahin wandelnd und suchten aus dem scheinbaren Auseinanderweichen der Bäume die Richtung unsrer Bewegung zu erkennen. Die Fixsterne gleichen jetzt nicht mehr den ruhigen, festgewurzelten Bäumen des Waldes. Sie sind in Bewegung gleich uns. Sie gleichen vielmehr

segelnden Schiffen, die von allen Seiten und nach allen Richtungen steuernd uns umgeben. So wollen wir uns denn selbst auf ein solches segelndes Schiff versetzen, mitten auf hoher See, rings am Horizonte nur segelnde Schiffe, nirgends eine Küste, nirgends eine Marke, an der wir unsre eigne Bewegung und ihre Richtung erkennen könnten. Wir werden fragen, wie es möglich sei, ohne ein andres Hilfsmittel als diese uns rings umschwärmenden Schiffe die eigne Richtung zu finden. Und doch ist es möglich. Wenn wir still stehen, werden wir bei der großen Zahl der bewegten Schiffe offenbar keine bestimmte Richtung ihrer Bewegung vorherrschen sehen. Wenn wir uns aber selbst bewegen, so erhält jedes der übrigen Schiffe zu seiner wahren Bewegung noch eine gemeinsame scheinbare zugefügt, die der unsrigen genau entgegengesetzt ist. Es wird also die Mehrzahl der Schiffe sich in einer Richtung zu bewegen scheinen, die sich der der unsrigen entgegengesetzten mindestens nähern wird. Die Schiffe werden sogar ähnlich jenen Bäumen im Walde in der Richtung, nach welcher wir uns hin bewegen, auseinanderzurücken, in der entgegengesetzten sich einander zu nähern scheinen. Wir sehen, es kommt nur darauf an, daß die Zahl der Schiffe groß genug ist, um uns durch die Mischung von Schein und Wahrheit in ihren Bewegungen über unsre eigne Richtung mit Sicherheit belehren zu können.



Himmelszielpunkt der Bewegung unsres Sonnensystems.

Kehren wir jetzt unter die bewegten Sterne zurück und versuchen wir hier die Lösung der gleichen Aufgabe. William Herschel schon ist uns darin vorangegangen. Wir werden es freilich für ein gewagtes Unternehmen halten, zu einer Zeit, wo erst von kaum 20—30 Sternen Eigenbewegungen bekannt waren, also auf eine höchst schwache Grundlage so wichtige Schlüsse bauen zu wollen. Ich verdenke es auch keinem, wenn er den Erfolg dieses Unternehmens nicht dem Scharfsinn Herschels allein, sondern mehr noch dem glücklichen Zufall zuschreibt. Genug, Herschel bestimmte aus der Gemeinsamkeit, die er in der Richtung jener Eigenbewegungen zu erkennen glaubte, die Richtung des Laufes unsrer Sonne und bezeichnete einen kleinen Stern im Sternbilde des Herkules als den Punkt des Himmels, nach welchem sie sich bewege. Das Verdienst, dieses unsichere und damals vielfach angefochtene Resultat über alle Zweifel erhoben zu haben, gebührt Argelander. Ihm standen reichere und sichere Thatsachen zu Gebote. Die Grundlage seiner Rechnung bildeten 390 Sterne, von denen 20 eine jährliche Eigenbewegung von mehr als 1 Sekunde besitzen, 50 zwischen $^1/_2$ und 1 Sekunde und endlich 319 zwischen $^1/_5$ und $^1/_2$ Sekunde. Als Resultat seiner Rechnung ergab sich für die Richtung der Eigenbewegung unsrer Sonne ein Punkt, der gleichfalls

im Sternbilde des Herkules, und zwar auf das Jahr 1800 bezogen, in 257° 54',2 nördlicher Abweichung liegt. Spätere Untersuchungen andrer Astronomen, die namentlich auch die südlicheren Sterne berücksichtigten, haben im allgemeinen zu nahe übereinstimmenden Resultaten geführt. So fand Galloway, indem er seine Rechnungen ausschließlich auf Sterne des südlichen Himmels stützte, die früher von Lacaille und Bradley, neuerdings aber von Johnson und Henderson beobachtet worden, für die Lage jenes Punktes 260° 1' gerader Aufsteigung und 34° 23' nördlicher Abweichung. Mädlers jüngste, auf 2163 Sternbewegungen gegründete Rechnung hat für diesen wichtigen Punkt des Himmels eine gerade Aufsteigung von 261° 38',8 und eine nördliche Abweichung von 39° 53',9 ergeben. Damit fällt das Resultat fast vollständig zusammen, welches kürzlich Dunkin aus der Eigenbewegung von 1167 dem Kataloge von Main entnommenen Fixsternen abgeleitet hat, nämlich 265° Rektaszension und 39° nödlicher Deklination für den Punkt, gegen welchen hin sich unsre Sonne bewegt.

Über die Richtung, in welcher die Sonne sich bewegt, kann nach all den Untersuchungen, deren Resultate ich hier soeben vorgelegt habe, durchaus kein Zweifel mehr bestehen. Dagegen ruht gegenwärtig noch ein großes Dunkel über der wahren Ursache der Sonnenbewegung. Nur das können wir mit Sicherheit schließen: es ist eine Kraft vorhanden, der die Sonne gehorcht, wie dieser die Erde.

Wenn wir erwägen, was sonst in der Astronomie eine beobachtete Bewegung zu bedeuten hat, mit welcher Sicherheit Gesetze daraus erschlossen, Bahnen berechnet, Systeme begründet werden, so dürfen wir uns doch nicht der Hoffnung hingeben, auch für die bewegte Fixsternwelt ähnliche Gesetze, ähnliche Ordnungen sich enthüllen zu sehen. Bedenken wir nur, wie lange die Menschheit den einfachen Mechanismus des Planetensystems betrachten, wie oft sie die Perioden seiner Bewegungen in wiederkehrender Reihenfolge beobachten mußte, ehe sie das einfache Gravitationsgesetz, ehe sie die Formeln für diese Bewegung aufzustellen vermochte! Noch sind es kaum hundert Jahre, daß man die Eigenbewegungen der Fixsterne verfolgt. Freilich ist das mit einer Sicherheit geschehen, die selbst sekundengroße Ortsveränderungen der Beobachtung nicht entgehen ließ; freilich war man im Stande, alle scheinbaren Veränderungen aus dem Vorrücken der Nachtgleichen, dem Wanken der Erdachse, der Abirrung des Lichtes auf das schärfste von diesen wirklichen Ortsveränderungen zu trennen. Aber was sind hundert Jahre in der Geschichte des Himmels und dem Jahreslaufe eines Fixsterns, an der Uhr des unendlichen Weltganzen! Noch vermag selbst die Ahnung nicht das Gesetz dieser Bewegungen abzuleiten, die Züge dieser Weltordnung zu entziffern.

Lassen wir uns genügen, die fernen Welten in Bewegung gesetzt zu haben; lassen wir uns genügen, in eilendem Fluge von unsrer stolzen Sonne selbst durch die Räume des Alls dahingetragen zu werden! Ein Gedanke geht mit uns — daß nirgends Stillstand in der Natur, daß mit seinem Wohnsitze auch das Menschengeschlecht fortschreitet, und daß, wer es hemmen will, so Vergebliches unternimmt, als wollte er eingreifen in den ewigen Lauf der Gestirne!



Drittes Kapitel.

Die veränderlichen und die neuen Sterne.

> Hier ist nicht Ruh', hier sind nicht weiche Pfühle,
> Jedoch wie sonst, vertraue mir.

Der Glaube an die Ewigkeit und Unveränderlichkeit des Fixsternhimmels wird vollends in uns zerstört werden, ehe wir noch einen Fuß auf jenes Gebiet gesetzt haben. In Bewegung haben wir bereits jene zahllosen Welten sich setzen sehen, und es war eine Bewegung, die, weil sie jedem Sterne eigentümlich in Richtung und Geschwindigkeit ist, allmählich diese festen Sternbilder und Sterngruppen auflösen und die Physiognomie der Himmelslandschaft zum Unkenntlichen umgestalten wird. Aber die Zerstörung der räumlichen Verhältnisse genügt immer noch nicht; auch die ewigen Lichter des Himmels müssen für uns verlöschen. Wir werden Veränderungen in den Lichtverhältnissen dieser Fixsternwelten auftreten sehen, von einer Seltsamkeit und Plötzlichkeit, wie wir solche schwerlich auch nur von den wandelbarsten Gestalten unsrer planetarischen Welt erwartet haben möchten.

Blicken wir hinauf zur Milchstraße, die jetzt im höchsten Glanze den ganzen Himmel umspannt! Viele prächtige Sternbilder schwimmen in ihrem bleichen Lichtmeere; aber vier sind es vor allen, für die wir jetzt die Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen möchten: dort hoch oben die reich geschmückte Kassiopeja, darunter der Schwan mit dem funkelnden Deneb, nahe dabei die nördliche Krone, tief unten im Westen der Schlangenträger, dessen letzte Sterne wir noch schimmern sehen. Unter diesem Sternbilde werden wir im Mai noch einzelne Sterne eines fünften auftauchen sehen, des Skorpions im Tierkreise. Diese fünf Sternbilder sind wiederholt der Schauplatz einer der wunderbarsten Begebenheiten des Himmels gewesen,

die alle Welt in Erstaunen setzte. Plötzlich tauchten hier Sterne auf, gespensterhaft loderten sie eine Zeitlang an dem sonst dunklen Raume in einem Glanze, der oft selbst die hellsten Fixsterne verdunkelte, um allmählich wieder zu verlöschen und für immer dem staunenden Blick zu entschwinden, oder in einem kleinen schimmernden Stern die Trümmer ihres kurzen, glänzenden Traumes späteren Tagen zu überliefern.

Die Berichte der Chinesen von solchen außerordentlichen Erscheinungen reichen zurück bis auf das Jahr 134 vor Anfang unsrer Zeitrechnung, und es ist nicht wahrscheinlich, daß den meisten dieser Berichte eine Verwechselung mit ungeschwänzten Kometen zu Grunde liegt. In jenem Jahre erschien nach den Angaben des Buches Wen-Chiang-tung-Kao, dessen Verfasser Ma-duan-lin heißt, zwischen β und ϱ im Skorpion ein neuer Stern. Es ist nicht unmöglich, daß dieser Stern identisch ist mit jenem, der nach dem Zeugnisse des Plinius Hipparch zur Aufstellung seines einst so berühmten Sternkatalogs veranlaßte. Im Jahre 123 nach Chr. findet sich bei Ma-duan-lin die Nachricht, daß ein neuer Stern zwischen den Hauptsternen des Herkules und des Ophiuchus erschienen sei. Fünfzig Jahre später soll derselben Quelle zufolge ein Stern zwischen α und β im Centauren aufgetaucht sein, der nach und nach weiß, gelb, blau, rot und schwarz erschien, d. h. anfangs sehr hell strahlte und nach und nach erlosch. Schriftsteller der römischen Kaiserzeit, arabische und deutsche Astronomen des Mittelalters berichten von ähnlichen Ereignissen. Aber erst in den jüngsten drei Jahrhunderten wurden sie Gegenstand wissenschaftlicher Beobachtung. 21 „neue“ Sterne sind bisher bekannt und von diesen tauchten fünf im Sternbild des Skorpions, vier im Schlangenträger, drei in der Kassiopeja, mehrere im Schwan und seiner nächsten Umgebung auf. Die übrigen erschienen im Centauren, im Schützen, im Adler, im Widder, Orion und in der nördlichen Krone, also sämtlich mindestens in der Nähe der Milchstraße.



Tychos Stern in der Kassiopeja.

Ein solcher plötzlich aus der Himmelsnacht auflodernder Stern war es, der dem bekannten dänischen Astronomen Tycho Brahe, als er während eines Aufenthaltes bei seinem Onkel Steno Bille im ehemaligen Kloster Herritzwald am Abend des 11. November 1572 aus seinem chemischen Laboratorium heimkehrte, nahe am Zenith in der Kassiopeja entgegenstrahlte. Es ist ihm schwerlich zu verargen, wenn er in der ersten Aufregung seinen Sinnen nicht traute und Arbeiter herbeirief, um sich durch ihr Zeugnis dies Wunder bestätigen zu lassen. Da stand ein Stern, dessen blendend weißer Lichtglanz selbst den Sirius und Jupiter

übertraf, der bei Nacht durch Wolken hindurch schimmerte und bei Tage sogar von scharfen Augen erkannt wurde. Zu Ende des Jahres begann der wunderbare Stern zu erbleichen, und sein Licht wurde rot gleich dem des Mars; im April und Mai des nächsten Jahres kehrte zwar seine weißliche Farbe zurück, aber er glich nur noch einem Sterne zweiter Größe; im Dezember war er zu einem Sterne fünfter Größe herabgesunken, und im März 1574 verschwand er endlich, nachdem er 17 Monate geleuchtet, spurlos für das unbewaffnete Auge.

Ein Vierteljahrhundert später wurde abermals das Auge eines berühmten Astronomen durch zwei seltsame Erscheinungen dieser Art an den Himmel gefesselt. Es war Kepler, der im Jahre 1602 im Sternbilde des Schwans einen neu erschienenen Stern erblickte, freilich nachdem er zwei Jahre vorher bereits von dem berühmten Geographen Janson entdeckt worden war. Dieser neue Stern erreichte zwar nur den Glanz eines Sternes dritter Größe, entzog sich aber erst nach 19 Jahren den Blicken des Astronomen. Vielleicht war es derselbe Stern, den Dominique Cassini im Jahre 1655 genau an derselben Stelle aufleuchten und wieder verschwinden sah,



Das Sternbild des Schlangenträgers.

und den noch einmal Hevel im Jahre 1665 beobachtete, bis er allmählich zu einem Sterne sechster Größe erbleichte, als welcher er noch heute unverändert dort am Halse des Schwanes schimmert.

Glänzender und überraschender war für Kepler das plötzliche Auflodern eines Sternes am rechten Fuße des Schlangenträgers im Oktober des Jahres 1604. Sein weißes Licht überstrahlte, wenn auch nicht dem des Tychoschen Sternes gleich, alle Fixsterne und selbst den Jupiter, und sein lebhaftes Funkeln erregte das Staunen aller Beobachter. Fünfzehn Monate nach seinem Erscheinen verschwand er im März des Jahres 1606 spurlos vom Himmel.

Noch einmal tauchte im Jahre 1670 in der Nähe des Schwans, am Kopfe des Fuchses ein neuer Stern dritter Größe auf, der nach dem kurzen Dasein von drei Monaten unsichtbar wurde, um zwar im nächsten Jahre als Stern vierter

Größe wieder zu erscheinen, jedoch abermals bald zu verschwinden. Cassini beobachtete ihn zuletzt als Stern sechster Größe im März 1672; seitdem ward er nie wieder gesehen.

Fast 180 Jahre verflossen seit jener Zeit, ohne daß ein ähnliches Wunder sich dargeboten hätte, trotzdem der Himmel jetzt mit Fernröhren aufs sorgfältigste durchmustert wurde, trotzdem genaue Sternverzeichnisse die sicherste Kontrolle über jeden fremden Eindringling am Himmel ermöglichten. Erst am 28. April 1848 gelang dem bekannten Astronomen Russel Hind in London die wichtige Entdeckung eines neuen Sternes vierter bis fünfter Größe, der im Schlangenträger erschien, aber im Jahre 1850 bereits zur elften Größe herabgesunken war und in diesem Glanze verblieb.

So seltsame Ereignisse, namentlich wenn sie, wie zu den Zeiten Tychos, Keplers und Cassinis, zahlreich in den Raum eines Jahrhunderts zusammengedrängt waren, mußten den alten Aristotelischen Glauben an die ewige Unveränderlichkeit des Fixsternhimmels tief erschüttern. Immerhin aber war es für jene Zeit ein kühnes und der großartigen Hypothese eines William Herschel vorgreifendes Wagnis, wenn Tycho öffentlich die Ansicht aufstellte, jener neue Stern in der Kassiopeja sei das Ergebnis einer kürzlich entstandenen Zusammenballung der über den ganzen Weltraum ausgebreiteten Materie, sei eine neue Schöpfung. Den meisten damaligen Gelehrten galt die Welt als durch einen einzigen Akt in ganzer Vollkommenheit geschaffen; der neue Stern mußte mithin so alt als die Welt selbst sein. Um diesen Glauben zu retten, konnte nichts zu gewagt erscheinen in einer Zeit, wo selbst ausgezeichnete Astronomen, wie Cardanus, noch in dem neuen Gestirne den Stern der Magier sahen, der, wie damals die Geburt, so jetzt die Wiederkunft Christi verkünde. Da sollte denn dieser Stern aus weiter Himmelsferne sich der Erde genähert haben, um seinen Glanz den Menschen sichtbar zu entfalten, und dann, als er verschwand, genau in gerader Linie wieder in jene Ferne zurückgekehrt sein. Dagegen sprach freilich der Umstand, daß der Stern, trotzdem er ganz plötzlich in vollem Glanze erschienen war, doch zwölf ganze Monate brauchte, um von der ersten bis zur siebenten Größe abzunehmen, während eine Bewegung, wie die angenommene, jedenfalls die gleiche Geschwindigkeit für sein Gehen und Kommen bedingt hätte. Der schlagendste Einwand aber, den man freilich damals noch nicht machen konnte, ist in der Geschwindigkeit des Lichtes begründet. Wir werden als die unterste Grenze der Fixsternwelt eine Entfernung kennen lernen, welche zu durchlaufen das Licht mehr als drei Jahre braucht. Befand sich nun selbst jener neue Stern im Augenblicke seines plötzlichen Erscheinens an dieser äußersten Grenze, so mußte er, um aus der ersten in die zweite Größe überzugehen, in eine doppelt so große Entfernung hinausrücken. Dazu hätte er aber, selbst wenn er sich mit der Geschwindigkeit des Lichts bewegte, mindestens drei Jahre bedurft; und so hätten vom Augenblicke seiner Lichtabnahme an bis zu dem Tage, an welchem er in zweiter Größe erschien, mindestens sechs Jahre verfließen müssen. Die ganze Lichtabnahme des Sterns bis zur siebenten Größe würde also die Zeit von 36 Jahren erfordert haben, eine Zeit, die an sich

schon für die Bewegung des Sternes die unglaubliche Geschwindigkeit des Lichts voraussetzt. So vermögen also auch die künstlichen Mittel die thatsächliche Geschwindigkeit des Lichts nicht in Einklang zu bringen mit jenen zwölf Monaten, die in Wirklichkeit die Lichtwandlungen des seltsamen Gestirnes umfaßten.

Vergebens bemühte man sich, eine Ursache zu ersinnen, welche geeignet war, so wunderbare Himmelserscheinungen zu erklären. Tycho blieb bei dem Gedanken stehen, Welten entstehen und untergehen zu lassen, wie die vergänglichen Geschöpfe unsrer Erde, Welten in Feuersbrünsten sich verzehren und, um der späteren Beobachtung gerecht zu werden, aus der Asche der alten neue Sonnensysteme aufkeimen zu lassen, die nach kurzem Dasein wieder in Flammen enden sollten. Die Meinung Tychos und besonders Newtons, der in den neu auflodernden Sternen in Brand geratene Sonnensysteme zu sehen geneigt war, fand wegen ihrer scheinbaren Ungeheuerlichkeit lange wenig Beifall. Erst der glückliche Umstand, daß am 12. Mai 1866 ein bis dahin unscheinbares Sternchen 9.—10. Größe plötzlich zur 2. Größe anwuchs, und daß gleichzeitig die Spektralanalyse zur Untersuchung seines Lichtes angewendet werden konnte, hat der Newtonschen Meinung eine beträchtliche Stütze gegeben. An dem genannten Tage war der Stern an Helligkeit beinahe α in der Krone gleich, er nahm aber so rasch wieder ab, daß er am 16. Mai nur noch einem Sterne 4. Größe gleich kam. An jenem Abende untersuchten Huggins und Miller sein Licht spektroskopisch. Sie fanden zwei übereinander gelagerte Spektra, von denen das eine auf einen glühenden festen oder flüssigen Körper, von ähnlicher Konstitution wie unsre Sonne, das andre aber auf einen glühenden gasförmigen Körper, in welchem Wasserstoff vorwaltete, hinwies. Diese Wahrnehmungen erklären sich am einfachsten durch die Annahme, daß jener Stern durch Herabsturz einer andern Masse, vielleicht eines Planeten, in sehr heftige Glut versetzt wurde. Eine solche Annahme hat nichts Unwahrscheinliches, besonders wenn man sich alle Umstände der Erscheinung, das schnelle Auflodern und langsame Verlöschen genau versinnlicht. Wir hätten demnach in den neu auftauchenden Fixsternen die Mitteilungen über wahrhafte Weltkatastrophen vor uns, über Ereignisse, deren furchtbare Großartigkeit unser Vorstellungsvermögen weit übersteigt.

Im November 1876 hat Schmidt in Athen das abermalige Auflodern eines Fixsterns konstatiert, dieses Mal im Sternbilde des Schwans. Am 24. November sah der atheniſche Astronom diesen Stern, in der Helligkeit der Sterne 3. Größe, neben ϱ im Schwan. Der Stern, berichtete Schmidt, störte die mir genau bekannte Konfiguration der dortigen Sterne, so daß ich ihn augenblicklich für neu erkannte. Kein Sternverzeichnis und keine Himmelskarte enthält an diesem Orte auch nur das kleinste Sternchen, man muß daher annehmen, daß jener Stern vor dem 24. November schwächer als 9. oder 10. Größe war. Übrigens nahm der neue Stern rasch an Helligkeit ab, und schon am 8. Dezember war er 6.—7. Größe. Seine Farbe blieb stets gelblich. Das größte Interesse knüpft sich auch jetzt wiederum an die spektroskopische Beobachtung der „Nova“. Vogel fand das Spektrum verhältnismäßig sehr glänzend, von vielen dunkeln Streifen durchzogen und mit mehreren hellen Linien besetzt, von denen besonders eine im Rot stark hervortrat.

Als der Stern schwächer wurde und das kontinuierliche Spektrum abblaßte, wurden die hellen Linien verhältnismäßig besser sichtbar, und es fand sich, daß sie mit Linien des Wasserstoff- und Stickstoffspektrums zusammenfielen. Das Spektrum des an Licht langsam abnehmenden Sterns konnte übrigens auf der Sternwarte zu Dun Echt in Schottland auch noch bis zum Herbst des Jahres 1877 gesehen werden, es war damals auf eine einzige helle Linie reduziert und glich damit vollständig den Spektren der später zu besprechenden planetarischen Nebelflecke.

Von den neuen Sternen wenden wir uns zu den sogenannten veränderlichen, jenen Fixsternen, die ihre Helligkeit in mehr oder minder regelmäßigen Perioden wechseln.

Im Sternbilde des Walfisches steht einer der merkwürdigsten Sterne des Himmels, dem schon Hevel vor 200 Jahren den Namen des „wunderbaren", der Mira, gegeben hat. Bisweilen überstrahlt der rötliche Ganz dieses Sterns die Sterne zweiter Größe; dann nimmt er wieder allmählich ab bis zur sechsten Größe, ja selbst bis zum Verschwinden, um endlich von neuem wieder aufzuflammen und von neuem zu verlöschen. Die Zeit dieser Lichtveränderung umfaßt ungefähr $331\frac{1}{3}$ Tage, ist aber nicht immer die gleiche, sondern Schwankungen von mehr als 20 Tagen unterworfen, die nach neueren Untersuchungen von Argelander bis auf einige Ausnahmen wiederum durch periodische Gesetze geregelt scheinen. Auch erreicht er nicht immer die gleiche Höhe seines Glanzes und bleibt bisweilen bei dem bescheidenen Schimmer eines Sterns dritter oder vierter Größe stehen, während er vielleicht in der vorhergehenden Periode fast als Stern erster Größe gestrahlt hatte. Ja selbst die Dauer seiner größten Helligkeit ist veränderlich und schwankt zwischen 20 und 30 Tagen.

Beim Sternbilde des Herkules sehen wir einen andern veränderlichen Stern von nicht minderer Seltsamkeit, den Algol im Kopfe der Medusa. In der überaus kurzen Periode von 68 Stunden 49 Minuten, die überdies selbst in geringem Grade veränderlich ist, behauptet dieser Stern etwa 60 Stunden hindurch den Glanz eines Sterns zweiter Größe, nimmt dann $4\frac{1}{2}$ Stunden hindurch bis fast zur vierten Größe ab und geht in gleicher Zeit wieder zum vollen Glanze über. Nach den Untersuchungen von Schönfeld geht die Ab- und Zunahme der Helligkeit sehr gleichmäßig von statten. In neuerer Zeit hat man noch 6 Sterne entdeckt, deren Veränderlichkeit auf wenige Stunden beschränkt ist und die man deshalb als Sterne des Algol-Typus bezeichnet. Einer der interessantesten ist V im Ophiuchus, der etwa $1\frac{1}{2}^0$ nördlich von dem Sterne Nr. 41 dieses Sternbildes steht. Nach den Beobachtungen von Sawyer und den Untersuchungen von Chandler ist die Dauer seines Lichtwechsels nur 20 Stunden 7,7 Minuten, und innerhalb dieser Zeit sind die Helligkeitsänderungen auf den kurzen Zeitraum von nur 4 Stunden beschränkt. Am Halse des Schwans steht ein veränderlicher Stern, der in Perioden von etwa 406 Tagen zwischen 4. und 13. Größe schwankt. Ebenso wechselt der Stern δ im Cepheus mit großer Regelmäßigkeit in je 5 Tagen 8 Stunden 48 Minuten sein Licht, und eine gleich regelmäßige Periode von 10 Tagen 3 Stunden 42 Minuten zeigt ein zwischen dritter und fünfter Größe schwankender Stern in

den Zwillingen. Bei diesem Stern nimmt die Dauer des Lichtwechsels oder, wie man zu sagen pflegt, die Periode wahrscheinlich langsam zu. Ein Stern dritter Größe in der Leyer zeigt sogar zweimal innerhalb 12 Tagen 21 Stunden 47 Minuten eine Lichtveränderung, indem er einmal zur vierten Größe, dann, nachdem er den Glanz dritter Größe wieder erlangt hat, zur fünften Größe herabsinkt. Auch dieser Stern zeigt eine Zunahme der Periode, die für jeden Turnus des Lichtwechsels im Mittel $^{7}/_{10}$ Sekunde beträgt. Ein kleiner Stern in der nördlichen Krone ist sogar mehrmals völlig unsichtbar geworden, während er dann wieder lange Jahre hindurch seine Größe scheinbar völlig unverändert behauptet hat. Auch ein kleiner Stern im Sobieskyschen Schilde, ein andrer im Wassermann und der bekannte kleine Stern im Schwan, der zu Keplers Zeit neu erschien, scheinen ähnliche rätselhafte Wechsel zu erleiden.

Noch sind nicht mehr als 220 Jahre verflossen, seit zum erstenmal die Aufmerksamkeit der Astronomen auf diese veränderlichen Sterne gelenkt wurde. Mira, Algol und der Stern am Halse des Schwans waren die ersten und einzigen Sterne dieser Art, von welchen das 17. Jahrhundert eine Kunde erlangte. Gegenwärtig ist die Zahl der veränderlichen Sterne auf fast 140 angewachsen, diejenigen ungerechnet, deren Veränderlichkeit noch nicht hinreichend feststeht. Es sind mehrere glänzende Sterne darunter, wie der prachtvolle Stern an der rechten Schulter des Orion, die Hauptsterne der Kassiopeja, des Herkules und der Wasserschlange. Auch Capella und Wega, der Polarstern und einige der schönen Sterne des großen Bären dürfen unzweifelhaft in diese Klasse der veränderlichen Sterne gehören. Eine besondre, erst in neuester Zeit näher erforschte Art solcher Sterne zeigt neben dem Helligkeitswechsel auch eine Veränderung der Farbe. Einer der merkwürdigsten hierhin gehörigen Sterne ist α im großen Bären, der in einem Zeitraum von etwa 5 Wochen seine Farbe zwischen chromgelb und feuerrot verändert.

Den seltsamsten Reichtum an Veränderungen, in denen sich bisher noch nicht die geringste periodische Regelmäßigkeit entdecken ließ, zeigt ein Stern des südlichen Himmels, der Stern η im Schiffe. Schon von Halley im J. 1677 als Stern vierter Größe beobachtet, hatte er sich im J. 1751 zur zweiten Größe erhoben, war aber wieder im J. 1811 zur vierten Größe herabgesunken. Abermals erhob er sich im J. 1822 zum Stern zweiter Größe; sein Glanz erreichte im J. 1827 sogar den Glanz des Haupsternes im südlichen Kreuze, um aber bald wieder zur zweiten Größe herabzusinken und diese Helligkeit mit geringen Schwankungen bis zum J. 1837 zu behaupten. Man wird das Staunen begreifen, das den Astronomen John Herschel erfaßte, als er bei seinem Aufenthalte am Vorgebirge der Guten Hoffnung, am 16. Dezember 1837, denselben noch wenige Wochen vorher beobachteten Stern plötzlich zu einem Glanze angewachsen fand, daß er alle Sterne erster Größe außer Kanopus und Sirius überstrahlte. Ja, dieser Glanz nahm sogar nach einer kurzen Periode der Abschwächung im Jahre 1843 in einem solchen Grade zu, daß er dem des Sirius fast gleich geschätzt wurde. Von da an nahm der Glanz wieder ab, so daß er 1858 kleiner als γ im Kreuze war, 1865 nach den Beobachtungen von Möst a aber kaum der 6. Größe gleich erschien.

Gewiß ist es schwierig, auch nur einigermaßen annähernde Erklärungen für diese so mannigfaltigen und wunderbaren Lichterscheinungen der Fixsternwelt zu finden. Man hat seine Zuflucht zu einer Achsendrehung der Sterne genommen, durch welche uns bald hellere, bald dunklere Seiten zugewendet werden sollten. Diese Annahme würde einigermaßen für die periodisch veränderlichen Sterne passen, wenn nicht auch hier die Unregelmäßigkeit der Lichtperioden, namentlich jenes plötzliche Aufflammen des Lichts vom tiefsten Dunkel zum höchsten Glanze und jene ungleiche Geschwindigkeit der Ab- und Zunahme des Lichts, dagegen spräche. Man hat ferner zur Erklärung dieser Erscheinungen seine Zuflucht zu kosmischen Gewölken genommen, welche zeitweise durch ihr Dazwischentreten den Glanz der Gestirne verdunkeln sollten. Ja man hat sogar endlich eine Astronomie des Unsichtbaren heraufbeschworen und dunkle Sonnen erfunden, welche von leuchtenden umkreist werden sollen. Aber auch diese Annahme würde nur in wenigen Fällen das Rätsel lösen, nämlich bei denjenigen Sternen, welche wie Algol nur eine auf wenige Stunden beschränkte Helligkeitsänderung zeigen. Jedenfalls hat die Forschung hier noch nichts erwiesen, und wir müssen einstweilen noch alle diese Erklärungen mit Humboldt in ein mythisches Gebiet der Astronomie verweisen.

Die Seltsamkeit in den Lichtverhältnissen der Sternenwelt wächst überdies noch durch die Mannigfaltigkeit der Farben, die sie darbietet. Allerdings ist das reine Weiß die vorherrschende Farbe des Sternlichts; aber daneben herrscht in augenfälliger Weise das Rot; und Gelb, Blau, Grün, Violett und Purpur sind nicht selten vorkommende Sternfarben. Man wird kaum anders als in den Gestirnen selbst und in ihrer Naturbeschaffenheit die Ursachen dieser Farbenverschiedenheit suchen können. Da bietet sich aber eine neue Schwierigkeit in einer kaum noch zweifelhaften Farbenveränderung mehrerer Sterne im Laufe sehr langer Perioden. So wurde der Sirius von den Alten als rot bezeichnet, und auch Ptolemäus gibt ihm dieselbe Farbe wie dem Arktur und Beteigeuze. Seit Tychos Zeit ist der Sirius nie anders als weiß gesehen worden, während die beiden andern Sterne noch heute ihre rote Farbe zeigen. Freilich wird man auch über diese Veränderungen nicht so bald zu sicheren Thatsachen gelangen. Klare Aufschlüsse vermochte ich dem Leser über alle diese wunderbaren Ereignisse der Fixsternwelt nicht zu bieten; aber meinen Zweck habe ich gleichwohl erreicht. Der Glaube an die Unwandelbarkeit und Festigkeit des Fixsternhimmels ist jetzt zerstört. Wir haben die festen Sterne sich bewegen, haben die ewigen Sonnen aufflammen und erbleichen sehen; eine Wandelbarkeit hat sich uns in diesen Räumen aufgethan, wie wir solche in unsrer planetarischen Heimat nicht kannten. Gleichwohl habe ich nur die äußere Schale des Himmels zertrümmert. Nur den Schein des Ewigen und Unveränderlichen habe ich vernichtet; das innerlich und wahrhaft Ewige wird um so klarer hervortreten. Der Himmel ist vor uns geöffnet; wir wollen eintreten und mit dem festen, ruhigen Schritte der Wissenschaft seine Räume durchwandeln.



P. Angelo Secchi. E. Halley. K. L. Hencke.

Viertes Kapitel.

Die Grenzen der Fixsternwelt.

Wenn du nicht irrst, kommst du nicht zu Verstand;
Willst du entstehn, entsteh auf eigne Hand!

Als wir zuerst hinaustraten in die schweigende Nacht, um unsre Vorbereitungen für die Reise zu treffen, die wir durch die Tiefen des Himmels unternehmen wollten, da haben wir uns vorzugsweise mit den Mitteln beschäftigt, genaue Ortsbestimmungen am Himmel vorzunehmen und unsre Beobachtung unabhängig zu machen von jedem Schwanken der Erde in ihrem jährlichen Laufe, von jeder Täuschung, welche uns selbst der Lichtstrahl durch Störungen auf seinem Wege oder durch seine natürliche Trägheit bereiten könnte. Jetzt fühlen wir uns im stande, die Himmelsräume zu durchmessen. Die Eigenbewegung der Sterne hat uns davon überzeugt, daß eine Verschiedenheit unter den Entfernungen der Sterne von uns bestehen muß; es war die erste und wichtigste Thatsache, welche den Kristallhimmel der Alten wahrhaft und für immer zerstörte. Das ist keineswegs so paradox, als es uns vielleicht scheint, wenn wir an das verhältnismäßig jugendliche Alter dieser Thatsache denken. Denn in Wahrheit glaubten noch die Astronomen gegen Ende des 16. Jahrhunderts an ineinandergefügte körperliche Bahnen der Sterne und erklärten den plötzlich aufflammenden Glanz neuer Sterne aus einer den Linsen unsrer Leuchttürme ähnlichen Wirkung ihrer ausgebauchten Bahnen.

Da wir unmöglich mit einem Meterstab oder einer Meßkette den Himmel durchmessen können, so müssen wir uns auf solche Mittel beschränken, mit denen wir irdische Entfernungen abzuschätzen pflegen. Da sind wir denn zunächst auf unsre beiden Augen angewiesen. Ich sage nicht umsonst: beide Augen. Denn eines vermag niemals über Entfernungen zu entscheiden. Alles was ein Auge uns zu sagen vermag, ist, daß ein Gegenstand sich in einer gewissen Richtung befinde. Wenn wir aber mit beiden Augen sehen, so tritt ein bestimmter Unterschied in der Richtung der beiden Augen ein. Je näher der Gegenstand ist, desto mehr müssen wir die Augen einwärts kehren, und die Empfindung dieser Augenbewegung ist es, welche in uns eine Vorstellung von der Entfernung des Gegenstandes erweckt. Wenn der Leser daran zweifelt, so können wir ihn durch einen einfachen Versuch überzeugen, der vielleicht manchmal bereits zu Scherz und Kurzweil im heiteren Gesellschaftskreise angestellt wurde. Lassen wir uns ein Auge verbinden und versuchen wir es dann, ohne freilich den Kopf im geringsten zu bewegen, ein vor uns stehendes Licht zu putzen. Es wird uns nicht immer sofort gelingen; wir werden mit der Lichtschere bald weit von dem Lichte entfernt bleiben, bald darüber hinausfahren, weil wir mit dem einen Auge eben die Entfernung nicht vollkommen richtig abschätzen können.

Dieser Unterschied in der Richtung zweier Augen ist es nun in der That, der auch allen Messungen am Himmel zu Grunde liegt; es ist im wesentlichen die Parallaxe der Astronomen. Nur ist für den Astronomen die Erde selbst zum Kopfe geworden, und seine beiden Augen sind Sternwarten. Vermag also eine gleichzeitige Beobachtung von zwei Sternwarten auf der Erde irgend einen merklichen Unterschied in der Richtung eines Sternes nachzuweisen, so ist die Parallaxe gefunden, und die Entfernung des Sternes läßt sich nun nach dem Abstande dieser beiden Sternwarten voneinander gerade so berechnen, wie wir mit unsern Augen die Abstände naher Gegenstände auf der Erde abschätzen.

Freilich kommt jetzt alles darauf an, wie weit wir überhaupt im stande sind, solche Richtungsunterschiede zu beurteilen. Bei unsern Augen ist es die Muskelbewegung selbst, die sie mißt. Der Astronom hat dafür seine Winkelinstrumente und Mikrometer, wie wir dieselben kennen gelernt haben, und in deren Vervollkommnung die mechanische Kunst Wunderbares geleistet hat. Aber, fragen wir, werden ihn nicht diese Instrumente am Ende ebenso verlassen, wie uns unsre Augen bei Entfernungen, die über tausend Meter hinausgehen? Wir müssen, um uns eine Vorstellung von der Größe der hier in Betracht kommenden Winkel zu verschaffen, bedenken, daß eine Kugel von etwa 3 cm Durchmesser uns in einer Entfernung von etwa 100 m unter einem Gesichtswinkel von 1 Minute, aber erst in einer Entfernung von etwa 600 m unter dem Gesichtswinkel von 1 Sekunde erscheinen wird. Dasselbe Verhältnis gilt nun auch für den Himmel. Eine Parallaxe von 1 Sekunde wird auch hier einem Abstande entsprechen, welcher 206205 mal das Grundmaß, d. h. den gegenseitigen Abstand der Beobachtungsorte übertrifft. Wir können es uns geradezu so vorstellen, als ob sich unser Auge an dem Himmelspunkte, dessen Entfernung wir messen wollen,

befände und von dort aus die Linie zwischen den irdischen Beobachtungsörtern betrachtete. Es läßt sich nun sehr leicht berechnen, daß nur eine Entfernung von etwa 350 Millionen Meilen dazu gehörte, damit unsre Erde selbst uns unter dem Gesichtswinkel von 1 Sekunde erschiene. Wir sehen also, wie weit auch jene beiden Sternwarten auf der Erde auseinander liegen möchten, und wäre es um den ganzen Durchmesser der Erde, um 1718 Meilen, so würde selbst eine Parallaxe von 1 Sekunde, die wir zu beobachten im stande wären, doch nur einer Entfernung von 350 Millionen Meilen entsprechen, und wir würden damit noch nicht einmal über unser Planetensystem, kaum über den Neptun hinaus gelangt sein. In solcher Nähe aber Fixsterne suchen zu wollen, wäre Thorheit. Damit ist nun von vornherein jede Aussicht abgeschnitten, von der Erde aus, wie weit wir auch unsre beiden Augen auseinander zerren möchten, eine Fixsternparallaxe zu beobachten. Für die ruhende Erde sind die Sterne eben unerreichbare, festgeheftete Lichtpunkte.

Weite Entfernungen können wir indes auch auf der Erde nicht mit unsern beiden Augen abschätzen, weil unsre Empfindung zuletzt schweigt, unser Gehirn nichts mehr bemerkt von den unendlich kleinen Drehungen der beiden Augenachsen. Wir machen es dann wie der Einäugige, der, um selbst kleine Entfernungen abmessen zu können, den Kopf ein wenig zur Seite bewegen muß, und wir sind ja in der That in bezug auf den entfernten Gegenstand einäugig geworden. Wir bewegen uns daher eine Strecke fort und vergleichen den neuen scheinbaren Ort des fernen Gegenstandes mit dem alten, dessen wir uns vorher auf das genaueste versichert haben. Wir gewinnen so wieder einen Winkelunterschied, eine Parallaxe, die uns auf die Entfernung des Gegenstandes im Verhältnis zur neuen Grundlinie, d. h. zum Abstande der beiden Beobachtungsörter, schließen läßt.

Auch dem Astronomen ist, wie wir gesehen haben, die Erde einäugig geworden, und da er sie nicht verlassen und etwa auf einem zweiten Himmelskörper noch eine zweite Sternwarte errichten kann, so läßt er sich samt seiner Sternwarte, seinem großen Weltauge, von der Erde selbst 40 Millionen Meilen weit durch den Weltraum tragen. So hat er eine gewaltige Grundlinie gewonnen, und es ist begreiflich, daß diese nicht ebenso in der Unermeßlichkeit des Weltraumes verschwindet, wie es uns mit der Erde selbst geschah.

So lange unsre Erde für stillstehend galt, lag in einer Unverrückbarkeit der Fixsterne nichts Befremdendes. Als Kopernikus seinen bedeutungsvollen Satz von der Bewegung der Erde um die Sonne aufstellte, war dieser zunächst noch nichts, als was die Theologen ein Dogma nennen möchten, ein Glaubenssatz, der sich auf eine Menge von Vernunftgründen stützte, für den indes noch kein thatsächlicher Beweis in der Natur gefunden war. Aber die naturwissenschaftlichen Dogmen sind nicht beschränkende, der Forschung Stillstand gebietende Normen, sondern gleichsam Aufrufe an die gesamte Forscherwelt, Ausgänge unendlich segensreichen Schaffens. Das Kopernikanische Dogma verlangte einen Beweis, und kein besserer konnte gefunden werden, als die Parallaxe der Fixsterne, da sie mit Notwendigkeit aus einer fortschreitenden Bewegung der Erde folgen muß.

Kopernikus, Tycho Brahe und die ganze Reihe der Astronomen des 17. und

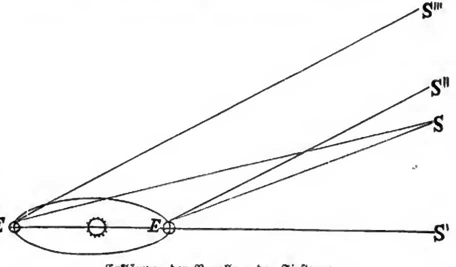
18. Jahrhunderts suchten ohne Unterlaß nach einer Parallaxe der Fixsterne. Sie beobachteten (Fig. S. 441) einen Stern S'' einmal in der Sellung der Erde E, dann ein halb Jahr später in der Stellung E'. Aber vergebens, die beiden Richtungen ES'' und E'S''' blieben parallel, als ob der Stern in unendlicher Ferne stände. Es fand sich nicht ein einziger Stern, der für zwei solche Beobachtungen einen meßbaren Winkelunterschied ESE' ergeben hätte. Glaubte man einmal einen solchen Unterschied ermittelt zu haben, so lag er so weit außer aller Wahrscheinlichkeit, daß man ihn nur aus Irrtümern der Beobachtung ableiten konnte. Dessenungeachtet ermüdete man nicht. Man suchte vor allem die Grenzen der Beobachtung weiter hinauszuschieben, und damit rückten freilich auch die Sterne tiefer in die Himmelsnacht hinaus. Bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts war die Genauigkeit der astronomischen Messung nicht über halbe Grade hinausgegangen, und da eine Parallaxe nicht innerhalb dieser Grenzen gefunden ward, mußte man schließen, daß die Fixsterne mehr als 115 Halbmesser der Erdbahn von uns entfernt seien. Tycho Brahe brachte die Sicherheit seiner Beobachtung schon auf 5 Minuten und damit die Grenze des Fixsternhimmels auf 700 Sonnenweiten. Zu Anfang des 18. Jahrhunderts konnte man sich selbst auf einzelne Minuten verlassen, und Bradleys sinnreiche Verbesserungen gaben endlich eine Gewähr selbst für Sekunden. Jetzt war eine Grenze erreicht, innerhalb deren sich eine Parallaxe zeigen mußte, wenn nicht die Fixsterne auf mehr als 200 000 Sonnenweiten in den fernen Raum hinausgestoßen werden sollten.

Freilich kam hier noch eine andre Frage ins Spiel, ob man nämlich bisher auch im stande gewesen war, die Ortsbestimmung der Sterne sorgfältig von jeder fremden störenden Einwirkung frei zu erhalten. Jetzt kam Bradley und entdeckte die Lichtabirrung der Sterne als eine unmittelbare Folge der Bahnbewegung der Erde und damit als ihren ersten direkten Beweis. Es war eine scheinbare Ortsveränderung von etwa $20^1/_4$ Sekunden, welche diese Lichtabirrung für die Sterne bewirkte. Dazu kam nun noch das Vorrücken der Nachtgleichen, welches jährlich 50, und das Wanken der Erdachse, welches bis 9 Sekunden im Jahre betragen kann. Bei solchen Störungen war das bisherige Mißlingen alles Suchens nach einer Parallaxe nicht mehr befremdend. Jetzt aber, wo man seine Beobachtungen in so sicherer Weise berichtigen konnte, ging man mit frischem Mute an die nie verlassene Arbeit, und nachdem man auch die Schärfe der Beobachtungsmittel auf Zehntelsekunden gesteigert, also die Grenzen des erreichbaren Himmelsraumes auf 2 062 648 Sonnenweiten erweitert hatte, durfte man hoffen, daß es gelingen müsse, nicht mehr in Zweifel zu ziehende Parallaxen der Fixsterne aufzufinden. Gleichwohl sollte noch manches Jahrzehnt vergehen, ehe die langjährige Mühe der Astronomen durch den Erfolg gekrönt ward.

Die Schwierigkeiten waren noch immer nicht ganz beseitigt. Die beiden Beobachtungen eines Sternes, durch welche man seine Entfernung messen wollte, mußten zu zwei entgegengesetzten Zeiten des Jahres ausgeführt werden, und derselbe Stern, den man das eine Mal im Meridian bei Nacht und zur Winterszeit beobachtete, erschien das andre Mal im Meridian bei Tage und zur Sommerszeit.

Die Beschaffenheit der Luft ist aber in beiden Zeiten sehr verschieden, und damit auch ihr Einfluß auf das Instrument, auf die kleinen Teilungsfehler, vor allem auf die Brechung des Lichts verschieden. Auch die abweichenden Werte der Nutation und Lichtabirrung können leicht eine kleine Unsicherheit in der beobachteten Parallaxe bewirken. Selbst die gewissenhafteste Erwägung aller Nebenumstände konnte also nicht vor Fehlern schützen, die, wenn sie sich auch nur in Grenzen von Zehntelsekunden bewegten, schon die ganze beobachtete Parallaxe vernichten mußten.

Endlich fragte es sich auch — und diese Frage war gewiß nicht gleichgültig — welcher unter den vielen Tausend Sternen wohl am geeignetsten für eine solche Beobachtung sei, welcher wohl die größte Wahrscheinlichkeit einer meßbaren Entfernung biete. Daß die hellsten Sterne nicht auch immer die nächsten sind, das hatten die vielfachen verunglückten Versuche, ihre Parallaxe zu finden, hinlänglich bewiesen. Aber wenn man sich nun zu den schwächeren Sternen wandte, welchen sollte man aus diesen Hunderttausenden herausgreifen, ohne die Gefahr jahrelanger, fruchtloser Mühen zu laufen? Da war es der Scharfsinn Bessels, des Königsberger Astronomen, der einen Ausweg aus allen diesen Schwierigkeiten fand und ein neues Mittel ersann, den Himmel zu erobern. Er bot auf der einen Seite eine gewisse Anleitung zur Wahl derjenigen Gestirne, welche die meiste Aussicht auf Erfolg versprachen, und gewährte auf der andern Seite gleichzeitig ein Mittel, um unter den gleichen Bedingungen der Jahreszeiten messen zu können, unabhängig von allen Störungen der Luft oder der Erdbewegung, ja sogar unabhängig von dem Winkelinstrument, in ähnlicher Weise etwa, wie man unter dem Mikroskope zu messen pflegt, mit Hilfe eines gewöhnlichen Mikrometers. Mit Einführung dieser sinnreichen Methode beginnt in den Jahren 1832—1838 die Epoche einer wenigstens einigermaßen zuverlässigen Bestimmung von Fixsternparallaxen.



Erklärung der Parallaxe der Fixsterne.

Ich muß den Leser hier auf eine nicht genug beachtete Erfahrung in der Geschichte der Wissenschaften aufmerksam machen. Ihre glücklichsten Entdeckungen verdankt die Wissenschaft der Übertragung bekannter Verhältnisse auf unbekannte Gebiete. Es ist aber keineswegs bloß ein glücklicher Einfall, der dazu anleitet, sondern vielmehr die unantastbare und ewige Grundwahrheit, daß ein gleiches Gesetz sich durch alle Räume und Erscheinungsformen der Natur zieht.

Der Wandrer im Walde sieht rechts und links die Bäume an sich vorüberziehen, und je schneller sie ziehen, desto näher weiß er sie. Diese Erfahrung war es, welche Bessel auf den Himmel übertrug. Die Eigenbewegung der Sterne hatte

ihn gelehrt, daß auch wir mit unsrer Erde und unserm Sonnensysteme durch den Sternwald des Himmels dahineilen und daß die Sterne rechts und links an der wandernden Sonne vorüberfliegen, gleich jenen Bäumen. Welcher Schluß lag näher, als daß auch hier der größern Geschwindigkeit die größere Nähe entspreche, ausgenommen etwa jene Gegend des Himmels, nach welcher unsre Wanderung hingerichtet ist? Bessel zog diesen Schluß. Er nahm die Eigenbewegung der Sterne als ein Anzeichen ihrer Nähe, und obgleich, wie wir heute wissen, dieser Schluß im allgemeinen keineswegs richtig ist, so bewährte er sich doch im gegebenen Falle, denn das Glück unterstützt das Genie!

Unter den hellen Sternen des Himmels waren es besonders Sirius und Arktur, welche eine starke Eigenbewegung zeigten, und gerade sie waren es gewesen, die noch am meisten die Hoffnung der Astronomen auf das Auffinden einer Parallaxe aufrecht erhalten hatten. Aber die größte Aufmerksamkeit Bessels erregte ein kleiner Stern im Schwane, der in so vielfacher Beziehung berühmt gewordene 61ste dieses Sternbildes, der sich durch eine so bedeutende Eigenbewegung hervorthat, daß seine Ortsveränderung am Himmel seit dem Anfange unsrer Zeitrechnung, wie wir bereits wissen, über sechs Vollmondbreiten erreicht hat. An ihm hoffte Bessel mit Zuversicht eine Parallaxe zu finden, und er täuschte sich nicht.

Bei der zu erwartenden Kleinheit dieser Parallaxe kam es aber, wie ich vorhin andeutete, darauf an, die störenden Einflüsse der Erdbewegung und der Atmosphäre aus der Beobachtung zu entfernen. Es ist die zweite wichtige Seite der Besselschen Methode, die ich hier berühre. Wieder half hier eine alltägliche Erfahrung. Im Walde vermag ein Wanderer die scheinbare Ortsveränderung eines Baumes am besten an einem andern dicht daneben, aber in möglichster Ferne dahinter stehenden Baume zu beobachten. Warum sollte das nicht auch auf den Himmel eine Anwendung finden? Man darf ja nur zwei nahe nebeneinander stehende Sterne S'' und S''' aufsuchen, so nahe, daß vielleicht nur das Fernrohr sie scheidet, von denen aber der eine S''' unermeßlich weit entfernt ist, so daß keine Veränderung seiner Stellung an ihm wahrgenommen werden kann. Gestattet der andre Stern dann überhaupt die Beobachtung einer Parallaxe, so hat man nur zu zwei um ein Halbjahr verschiedenen Zeiten des Jahres bei den Stellungen der Erde in E und E' die von den Sternen gebildeten Winkel S E S'' und S E' S''' zu beobachten, deren Unterschied die Parallaxe angibt. Diese Beobachtungen sind völlig unabhängig von den Störungen der Lichtbrechung, da beide so nahe Sterne jedenfalls gleiche Lichtbrechung erleiden, aber auch unabhängig von dem Vorrücken der Nachtgleichen, dem Wanken der Erdachse und der Lichtabirrung, da auch diese Einflüsse bei jeder Beobachtung für beide Sterne die gleichen sind, also den gemessenen Winkel ungestört lassen. Überdies sind beide Sterne gleichzeitig im Felde des Fernrohrs sichtbar und gestatten daher die Messung ihres Abstandes mit einem gewöhnlichen Mikrometer vorzunehmen, dessen Feinheit eine außerordentliche ist. Die ganze Unsicherheit beschränkt sich einzig auf die vielleicht bisweilen irrige Voraussetzung des völligen Mangels einer Parallaxe bei dem fernen Vergleichsterne.

Auf diese Weise hat Bessel in den Jahren 1837—1838 die Parallaxe des 61sten Sternes im Schwane bestimmt. Seine Untersuchungen sind später von Struve, Johnson und Auwers fortgesetzt worden und haben auf eine Parallaxe von 0,5 Sekunde und damit auf eine Entfernung des Sternes von 400 000 Erdbahnhalbmessern oder 8 Billionen Meilen geführt.

Andre Astronomen, namentlich die beiden Struve und Peters im Norden, Maclear und Henderson im Süden, folgten ihm auf diesem Wege, und ihren vereinten Bemühungen ist es gelungen, für eine freilich noch kleine Zahl von Sternen Parallaxen zu finden; doch dürfen wir die Genauigkeit derselben nicht zu hoch anschlagen, ja eigentlich geben diese Messungen weiter nichts als eine obere Grenze für den Wert der Parallaxe oder die geringste Entfernung von der Erde, welche der betreffende Fixstern höchstens haben kann.

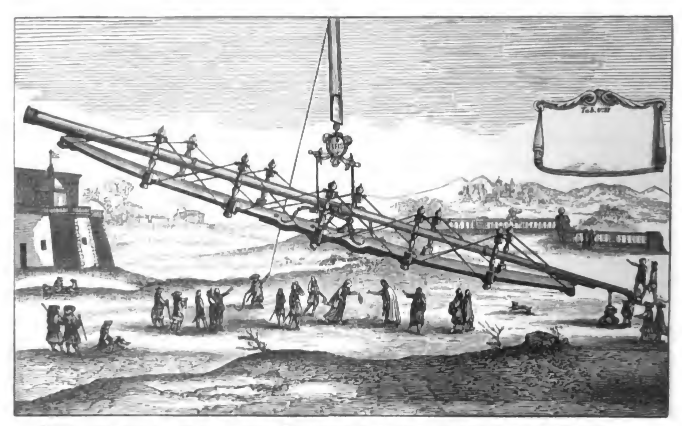
Unter allen diesen bisher bestimmten Parallaxen galt lange als eine der sichersten die eines schönen Sternes des südlichen Himmels, des Hauptsternes des Centauren. Es ist die größte bisher gefundene Parallaxe, die darum diesen Stern als den nächsten aller bekannten bezeichnet. Die früheren Messungen haben diese Parallaxe zu 0,919 Sekunden festgestellt, und das entspricht einem Abstande von 224 520 Sonnenweiten oder $4^2/_3$ Billionen Meilen, neuere Untersuchungen machen jedoch diesen Wert wieder sehr zweifelhaft. Noch viel weniger zuverlässig ist die Parallaxe der Wega, die von O. Struve 0,156 Sek. angegeben wird und also 1 322 210 Sonnenweiten oder $27^1/_3$ Billionen Meilen entspricht. Brünnow hat später durch zahlreiche neue Messungen die Parallaxe der Wega zu 0,2061 Sekunden bestimmt, welcher eine Entfernung von 20 Billionen Meilen entspricht. Die Parallaxe des Sirius beträgt nach Gylden 0,193 Sekunden, einem Abstande von 1 069 000 Sonnenweiten oder 20 Billionen Meilen entsprechend. Ganz unsicher sind die Parallaxen des Arktur und der Capella, erstere im Betrage von 0,127 Sekunden und einer Entfernung von 1 624 000 Sonnenweiten oder 32 Billionen Meilen entsprechend, letzere im Betrage von 0,046 Sekunden und die Entfernung auf 4 484 000 Sonnenweiten oder 60 Billionen Meilen festsetzend.

Wenn nicht ganz neue Mittel und Wege zu weit feineren Messungen gefunden werden, ist von der Ermittelung fernerer Fixsternparallaxen so gut wie nichts zu hoffen. Denn daß bei den heutigen Hilfsmitteln Winkelwerte von 0,05" in keiner Weise mehr zu verbürgen sind, bedarf kaum der Erinnerung. Jedenfalls wissen wir aber als Ergebnis aller bisherigen Bemühungen auf diesem Gebiete, daß die hellsten Fixsterne des Himmels keineswegs die uns nächsten sind, daß es überhaupt kein sicheres Kriterium gibt, wonach man ohne spezielle Unterstützung die relativen Entfernungen der Sterne einigermaßen schätzen könnte, und daß endlich in allen Fällen die Distanzen der Fixsterne von unsrer Erde Billionen von Meilen betragen.

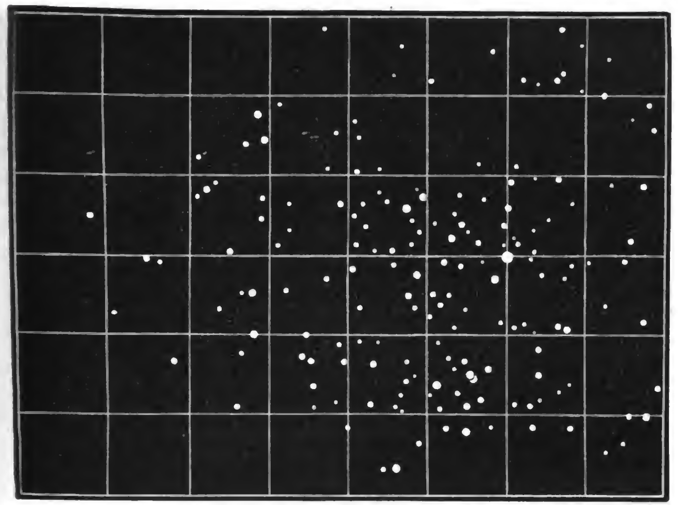
Zu fassen werden wir in unsrer Vorstellung diese ungeheuren Räume, diese Billionen von Meilen, nicht vermögen. Dazu ist jedes irdische Maß zu klein. Gleichwohl will ich versuchen, sie unsrer Anschauung näher zu bringen, indem ich einem bekannten irdischen Gebrauche mich anbequeme, Märsche nach Stunden zu messen. Ich wähle aber den schnellsten Läufer zwischen Himmel und Erde, den

Lichtstrahl, um jene Räume zu durchmessen. Der Raum nun, welchen dieser Lichtstrahl, der bekanntlich in 8 Minuten 18 Sekunden den Weg von der Sonne zu uns zurücklegt, in einem Jahre durchläuft, sei unsre himmlische Wegstunde, ein Raum, welcher 63 000 Sonnenweiten, jede zu 20 000 000 Meilen gerechnet, umfaßt. 3 Jahre und 199 Tage würde also das Licht gebrauchen, um den Raum zu durchmessen, der jenen bis jetzt für den nächsten aller Fixsterne gehaltenen Stern im Centauren von uns trennt; 6 Lichtjahre würden die Entfernung jenes kleinen Sternes im Schwan, 14 Lichtjahre die Entfernung des Sirius messen.

In unermeßliche Fernen habe ich den Leser geleitet. Lichtstrahlen sind ihm begegnet, die lange vor seiner Geburt von den Welten des Himmels ausgingen. Wenn heute dort in den Tiefen eine solche Welt zertrümmert würde, eine Sonne verlöschte, nach Jahrhunderten noch würde die Menschheit von den Lichtstrahlen der verschwundenen Welt getroffen werden und erst staunen über ihren Untergang, wenn sie längst nicht mehr da ist. Denn was hindert uns, auf den Schwingen des Gedankens in Tiefen zu dringen, aus denen der Lichtstrahl Jahrhunderte und Jahrtausende braucht, um zur Erde zu gelangen? Was hindert uns, von Welten zu Welten zu eilen, zu denen jetzt erst Lichtstrahlen gelangen, die aus den dunklen Anfängen der Menschengeschichte aufstiegen? Was hindert uns? — sage ich noch! — Die Wissenschaft wird uns zwingen zu solchem Fluge, und der Gedanke selbst wird uns schwindeln vor den Zahlen des Jenseits, die Lichtjahre umfassen! Und doch sollen wir Ruhe finden, Ruhe selbst in jener Unermeßlichkeit, die Ruhe gesetzlicher Ordnung und Einheit!



Ansicht eines älteren (aus dem vorigen Jahrhundert stammenden) Fernrohres und der Vorrichtungen für den Gebrauch desselben.



Sternhaufen im Sobieskyschen Schilde. Nach Helmert.

Fünftes Kapitel.

Die Doppelsterne und die mehrfachen Sterne.

Ein Licht zu suchen, das den Geist entzünde,
War ein gemeinsam köstliches Betrachten,
Ob nicht Natur zuletzt sich doch ergründe.
Und manches Jahr des stillsten Erdenlebens
Ward so zum Zeugen edelsten Bestrebens.

Viele Billionen Meilen weit haben wir uns über unsre Erde, über unser Sonnensystem erhoben. Erde und irdisches Maß sind vergessen; denn das Sonnensystem selbst ist längst zu einem Punkte geschwunden. Hier gebraucht selbst der schnelle Flug des Lichts Jahre, um die Räume von einer Welt zur andern zu durchmessen. Der Himmel hat jetzt eine andre Bedeutung für uns gewonnen. In solchen Entfernungen erweitern sich die kleinsten Räume zu gewaltigen Weiten. Ein Pünktchen von der Größe der Venusscheibe dehnt sich in den Fernen der Wega zu einer Größe von vielen Millionen Meilen aus, zu einer Größe, die weit den Umfang unsres gesamten Sonnensystems übertrifft. Sollte die Hoffnung nicht berechtigt sein, daß in solchen Räumen auch neue Wunder sich aufthun werden? Sollte nicht, wie das Mikroskop den Wassertropfen in eine Lebenswelt verwandelt, so das Teleskop auch den Lichttropfen am Himmel — denn das ist für unsre Augen ein Kreis vom Durchmesser einer Sekunde, gleichviel ob er in den Fernen der Wega 140 Millionen oder in den Fernen der Capella 460 Millionen Meilen umspannt — zu einer wunderreichen Welt erweitern! Es ist Zeit, daß wir uns nach diesen

Wundern umschauen, daß wir auch dem Auge nahe rücken, was dem erwägenden Gedanken und messenden Verstande durch die Zahl schon genähert ist.

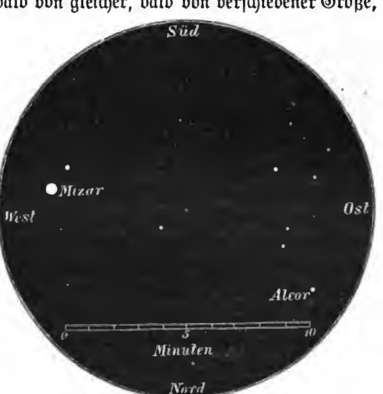
In den Sitten und Gebräuchen des Volkes erblicken wir bisweilen auch noch vereinzelte Lichtstrahlen früherer Jahrhunderte. Aber der Geist ist aus diesen Formen entschwunden. Die Einflüsse der Kultur oder die Gebote der Mächtigen haben die Gedanken daraus vertrieben. Anders ist es in den Himmelsräumen als in der Geschichte. Die Gedanken schwinden hier nicht, sie wachsen. Der kleinste Gedanke breitet hier allmächtig seine Schwingen über die ganze Welt des Himmels aus, um zuletzt uns selbst und unsern Wohnsitz aufzunehmen unter den Schutz ewiger Gesetze. Nicht ferner rückt uns das Leben des Himmels, sondern immer näher und näher, zu einem Vorbilde unsres eignen sich gestaltend. Es ist Zeit, daß wir, solche Gedanken in die Wirklichkeit umsetzend, jenes Leben am Himmel aufsuchen.

Glänzende mächtige Welten umschweben uns, lichtvolle Riesensonnen. Wir haben die öderen Regionen verlassen; nicht mehr vereinzelt, zerstreut erscheinen die Welten; immer dichter scharen sie sich, selbst zu Gruppen scheinbar vereinigt. Unser Auge ist reich beschäftigt, und doch überfällt uns in diesem Weltengewühle ein Heimweh, ähnlich jenem im Menschengewühl fremder, volkreicher Städte. Es dünkt uns hier alles einander so gleichgültig, so kalt; keines kümmert sich um das andre, kein gemeinsames Interesse, kein Band der Freundschaft, kein Gesetz verknüpft sie. Wie ganz anders war es doch in unsrer Heimatwelt! Wie innig verschlungen umtanzten die geschwisterlichen Welten den gemeinsamen Schwerpunkt! Wie suchte da jede die andre zu leiten und zu locken, jede der andern zu leuchten! Hier ist alles kalte Selbstsucht!

Ein schöner heller Stern unweit des Himmelspols zieht unsern Blick auf sich. Es ist ein alter Bekannter, der uns mit blitzendem Lichtstrahl grüßt, der Mizar im großen Bären! Täglich sehen wir ihn an der Deichsel des Himmelswagens, und wir waren stolz auf die Schärfe unsrer Augen, wenn es uns einmal glückte, über ihm noch ein kleines Sternchen, den Alkor, das Reiterlein, wie wir es nannten, zu entdecken. Den sehen wir hier freilich nicht mehr; denn selbst der Lichtstrahl müßte ja viele, viele Jahre reisen, ehe er zu ihm gelangte. Wir täuschten uns, weil wir die hintereinander stehenden Sterne für nebeneinander stehend hielten. Aber täuschen wir uns nicht jetzt auch? Sehen wir doch noch immer einen neben ihm stehenden Stern, der kaum viel weiter als der Neptun von unsrer Sonne von ihm entfernt sein kann! Nein, wir täuschen uns nicht. Der Mizar ist einer jener Doppelsterne, wie sie die Astronomen nennen, und deren Entdeckung unsres Herschel unsterblichen Ruhm begründete. Wir sehen, wie sie umeinander ihre Kreise schlingen, wie sie, ein trautes Geschwisterpaar, ihren gemeinsamen Schwerpunkt umtanzen! Schauen wir mehr um uns! Da ist ein andrer heller Stern — er steht an der rechten Seite der Jungfrau — nähern wir uns ihm oder richten wir eins unsrer raumdurchdringenden Fernrohre auf ihn, und auch dieser uns bisher einfach erschienene Stern wird sich in zwei gleich helle, gelbliche Sterne auflösen! Auch der Kastor dort, dann der schöne Hauptstern des Centauren, dem wir begegneten, werden sich für scharfe Blicke verdoppeln. Sehen wir vollends dort

jenen Stern an der linken Schulter des Schwans oder jenen prachtvollen in der Mähne des Löwen, und wir werden nicht bloß zwei Sterne statt eines, sondern sogar zwei von verschiedner Größe und verschiedenem Lichte, hier den einen gelb, den andern rötlich, dort den einen in grünem, den andern in goldfarbenem Lichte funkelnd erblicken!

Unser erster Überblick schon hat uns höchst interessante Verhältnisse enthüllt, und der Leser darf dabei nicht glauben, daß wir etwa zufällig auf einige Seltenheiten des Himmels aufmerksam geworden sind. Nur die Blödigkeit unsres Auges war daran schuld, wenn uns diese Doppelsterne, deren der Astronom jetzt bereits gegen 6000 am Himmel zählt, bisher entgingen. Denn freilich gehören sehr scharfe Teleskope dazu, um die meisten von ihnen sichtlich zu trennen. Bald zu zwei, bald zu drei und mehreren verbunden, bald durch größere, bald durch kleinere Abstände voneinander geschieden, bald von gleicher, bald von verschiedener Größe, bald von gleicher, bald von verschiedener Farbe, sind sie über das ganze Himmelsgewölbe verbreitet.



Der Doppelstern Mizar im großen Bären.

Der Leser wird fragen, was denn übrigens Wunderbares an diesen Doppelsternen sei, außer etwa der überraschenden Schärfe astronomischer Beobachtungsmittel, die sie entdeckte? Folgt denn daraus, daß der Astronom diese Sterne so nahe nebeneinander sieht, auch schon, daß sie in Wirklichkeit Nachbarn sind? Können sie nicht vielleicht nur in gleicher Richtung hintereinander gestellt sein und uns darum so nahe erscheinen, in Wirklichkeit aber sogar weiter voneinander entfernt sein, als zwei von uns an den entgegengesetzten Punkten des Himmels erblickte Sterne? Manchen dieser Sternpaare gegenüber sind solche Zweifel allerdings gerechtfertigt. Das Wunderbare aber liegt eben in der innigen Beziehung, die unzweifelhaft mehrere dieser gepaarten Sterne zu einander zeigen. Es sind in der That, wie jener Lichtstrahl uns andeutete, und wie wir uns noch genauer überzeugen werden, Systeme einander umkreisender Sterne, engverbundene Weltenpaare, die Hand in Hand ihren großen stillen Gang von Weltraum zu Weltraum wandeln. Das ist das neue Wunder, der neue Gedanke, der sich uns hier aufthut; das war es aber auch, was zur Zeit ihrer Entdeckung die gelehrte Zweifelsucht solange beschäftigte.

Kopernikus hatte die Erde entthront, aber die Herrschaft der Sonne schien nur um so fester gegründet. Sie, die an Masse 700mal die gesamten planetarischen Körper übertrifft, schien ein unstreitbares Recht zu haben, in majestätischer Ruhe

die Mitte ihres Reiches einzunehmen. Sie allein sendet ja Wärme und Licht den dunklen und kalten Welten zu, die sie umschwärmen, um ihre Gnadenstrahlen einzufangen. Wie konnte man es also wagen, von Fixsterntrabanten, von selbständigen, leuchtenden und doch einander umkreisenden Sonnen zu sprechen?

Schon vor zwei Jahrhunderten hatte man Doppelsterne beobachtet, und im Jahre 1700 entdeckte G. Kirch, daß der schöne Stern Mizar im großen Bären noch einen sehr nahen, teleskopischen Begleiter hat, während der entferntere, Alkor, bekanntlich schon mit bloßen Augen zu sehen ist. Zwei scharf denkende Astronomen, Lambert und John Michell, hatten später die Ansicht ausgesprochen, daß es Fixsterne geben möge, die nicht bloß scheinbar, sondern in Wirklichkeit einander nahe seien und unter der Einwirkung eines allgemeinen Gesetzes sich um den Mittelpunkt ihrer Schwere bewegen. Man hatte dieser Ansicht kaum eine Beachtung geschenkt. Als aber der Astronom Christian Mayer zu Mannheim in den Jahren 1778 und 1779 seine Beobachtungen von 100 Doppelsternen geradezu unter dem Namen entdeckter Fixsterntrabanten veröffentlichte — beiläufig Beobachtungen, die zum Teil noch heute von Wichtigkeit sind — da erging sich die gelehrte aber systemgläubige Welt in maßlosem Hohn und Spott über den unglücklichen Entdecker. Damals war die Zweckmäßigkeit ein erster Gesichtspunkt. „Wozu nützte diese Bewegung lichter Körper um ihresgleichen?“ fragte einer der gelehrtesten Gegner dieser Entdeckung, der Petersburger Akademiker Nikolaus Fuß. „Bei uns ist die Sonne allein die wirkende Ursache der Bewegung unsres und der übrigen Planeten, und zugleich die Quelle, aus welcher sie sämtlich Licht und Wärme schöpfen; dort würden es Systeme von lauter Sonnen sein, die von andern an Größe und Glanz vielleicht unterschiedenen Sonnen beherrscht würden. Ihre Nachbarschaft und ihre Bewegung würden ohne Zweck und ihre Strahlen ohne Nutzen sein, weil sie nicht Körper mit Licht zu versorgen brauchen, denen es selbst zu teil ward. Wenn die Trabanten lichte Körper sind, was ist der Zweck ihrer Bewegung?“

Aber diese Dinge, um mit den Worten Aragos zu reden, die vor 80 Jahren zu nichts dienlich erschienen, diese Dinge ohne Zweck und Nutzen sind wirklich vorhanden und müssen zu den schönsten und sichersten Wahrheiten in der Astronomie gezählt werden. William Herschel stellte nur wenige Jahre später sein Riesenteleskop in dem kleinen englischen Flecken Slough auf und durchleuchtete mit der Fackel seines Geistes die nächtlichen Tiefen des Himmels. Er verwandelte den Gegenstand der Lächerlichkeit in erhabene Wirklichkeit und entzog das Wunder der Doppelsterne allem Zweifel.

Ein für den Hochmut jener Gelehrtenzunft besonders beschämender Umstand, auf den O. Struve zuerst aufmerksam machte, liegt darin, daß die gegenseitige Abhängigkeit der zu Doppelsternen gepaarten Sterne, die allerdings gegenwärtig die Frucht zahlreicher und schwieriger Untersuchungen ist, für ein scharfes Auge schon aus dem bloßen Anblick eines Verzeichnisses der Doppelsterne hervorgehen müßte. Eine bloße Wahrscheinlichkeitsrechnung also hätte darauf führen können. Wenn wir nämlich eine handvoll Getreidekörner über ein Schachbrett ausstreuten, so würde die Wahrscheinlichkeit, daß die Körner paarweise in den Feldern des Bretts zu

liegen kommen, offenbar gleichzeitig mit der Größe der Felder abnehmen. Lassen wir den Himmel unser Schachbrett sein, über das wir den Zufall die Sterne ausschütten lassen. Bei der Annahme völliger Unabhängigkeit zwischen allen über den Himmel zerstreuten Sternen würde natürlich die Zahl der gepaarten Sterne um so geringer ausfallen, je geringer wir ihren Abstand voraussetzen. Es wird aller Wahrscheinlichkeit nach weniger Sterne geben, die um 4 Sekunden, als solcher, die zwischen 4 und 8 oder zwischen 8 und 16 oder gar zwischen 16 und 32 Sekunden voneinander entfernt sind. Nehmen wir für den bei uns sichtbaren Teil des Himmels in runder Zahl 40000 Sterne erster bis achter Größe an, so findet man, daß nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung bloß 2 Doppelsterne bis zu 12 Bogensekunden Abstand vorkommen können und bloß 8 bis zu 32 Sekunden Distanz. Nun finden sich aber in dem Verzeichnis von 3057 Doppelsternen, welches Struve aufgestellt hat, 987 Sternpaare mit einem Abstande von weniger als 4 Sekunden, aber nur 675 mit einem Abstande von 4—8 Sekunden, 659 mit einem Abstande von 8—16 Sekunden und 736 mit einem Abstande von 16—32 Sekunden. Es tritt also gerade das Gegenteil von jener Wahrscheinlichkeit ein, und somit müssen wir die Voraussetzung, für welche sie stattfinden sollte, aufgeben, d. h. annehmen, daß die Doppelsterne nicht nur zufällig und scheinbar einander nahe stehen, sondern daß sie in Wirklichkeit vielmehr miteinander verbundene Systeme bilden.

Solcher Wahrscheinlichkeitsrechnung hat die Wissenschaft nicht einmal bedurft, um durch ihren Machtspruch das Dasein umeinander kreisender Sonnen zu verkünden. Mit dem Auge und mit der Rechnung ist sie ihnen gefolgt und hat in den ungemessenen Räumen des Himmels Bewegungen erforscht, die für die Allgemeinheit der Naturgesetze zeugen.

Wie es so häufig in der Welt geschieht, daß man das eine sucht und das andre findet, so hatte auch Herschel, unbekümmert um die von aller Welt verlachte Behauptung Christian Mayers, in den Doppelsternen nur Mittel gesucht, um nach einem von Galilei gemachten, später von Bessel glänzend bewährten Vorschlage ihre Entfernungen von der Erde, ihre Parallaxen, zu messen. Er ging von der Voraussetzung aus, daß die nahe Berührung dieser Sterne nur eine scheinbare sei, daß der meist auffallende Unterschied ihrer Größen nur die Wirkung ihrer außerordentlich verschiedenen Entfernungen sei, und daß sich daher durch den verschiedenen Einfluß der Bewegung der Erde auf beide die Entfernung des größeren und darum näheren werde messen lassen. Seine Voraussetzung täuschte ihn. Er fand dafür eine innige Verbindung zweier Sterne, eine gemeinsame Bewegung, ähnlich der, wie sie in unserm Planetensysteme herrscht.

Aber nicht ein glücklicher Zufall, sondern mühevolle Beobachtungen führten zu dieser Entdeckung. Es fanden sich hier Bewegungen, gerade wie sie der Umlauf der Planeten um die Sonne zeigt, und diese Bewegungen konnten sich nur durch kleine Veränderungen in der Stellung der zusammengehörigen Sterne verraten. Aber es mußte auch wieder über jeden Zweifel an der Beweglichkeit der Doppelsterne erheben, wenn man den einen Stern bald östlich, bald westlich vom andern erblickte. Freilich, welche Schärfe der Beobachtung war erforderlich, um

solche Veränderungen zu erkennen und gar sie zu messen! Wir müssen bedenken, daß auch die besten Fernröhre die Fixsterne nicht als scharfe Punkte darstellen, wie sie sich zeigen müßten, wenn die Objektivlinsen genau die richtige Krümmung hätten, wenn keine Beugung des Lichtes stattfände und wenn Fehler und Abweichung in unserm Auge selbst nicht die Grenzen verwischten. Nicht je größer also, sondern je kleiner sie die Fixsterne zeigen, desto besser sind die Fernrohre. Die Unterscheidung gewisser Doppelsterne, deren gegenseitiger Abstand oft nur Zehntelsekunden beträgt, ist somit der sicherste Prüfstein für die Güte der Fernrohre.

Trotz dieser Schwierigkeit hat man doch bereits die Bewegungen zahlreicher Doppelsterne gemessen, einzelne lange und genau genug, um ihre Bahnen näherungsweise berechnen zu können. Zwei zarte Spinnfäden im Gesichtsfelde des Fernrohres bilden das einfache Mittel. In ihren Kreuzungspunkt wird der eine Stern gebracht, und indem man dann den einen beweglichen Faden so lange dreht, bis er genau durch den Mittelpunkt des zweiten Sternes hindurchgeht, vermag man die Drehung dieses Fadens und damit den Winkel zu messen, welchen die gerade Linie zwischen beiden Sternen mit dem unbeweglichen Spinnfaden macht. Wiederholte Messungen lassen später über die Bewegungen der Sterne entscheiden, und vier, im höchsten Falle sechs Beobachtungen genügen, um die Bahn und Umlaufszeit des einen Sternes um den andern berechnen zu lassen. Daß diese letztere Zahl nur in theoretischer Beziehung erforderlich ist, brauche ich wohl nicht besonders hervorzuheben. Denn da keine menschliche Messung absolut fehlerfrei ist, und besonders auch unsre Mikrometermessungen, wenn es sich um so geringe Größen handelt, als hier zu ermitteln sind, noch äußerst unvollkommen erscheinen, so muß der Astronom bei seinen praktischen Berechnungen mehr Beobachtungen zu Grunde legen, als die Theorie fordert. Die größere Zahl vermindert den Einfluß der jeder einzelnen anklebenden Fehler und verbürgt dadurch die größere Richtigkeit des Resultates. Im allgemeinen wird die Bahn dieser Sterne am Himmel als eine kleine Ellipse erscheinen, und nur in dem Falle, wenn die Ebene dieser Bahn genau durch die Erde geht, wird sie sich dem Astronomen anscheinend als eine durch den Hauptstern gehende gerade Linie darstellen. Einen solchen Fall scheint ein Doppelstern unter dem Daumen der rechten Hand des Schlangenträgers zu bieten. Zu William Herschels Zeit waren die beiden getrennten Sterne noch ziemlich weit voneinander entfernt, im Laufe der Jahre haben sie sich immer mehr genähert, und gegenwärtig decken sie einander so vollkommen, daß später selbst das große Dorpater Fernrohr sie nicht mehr zu trennen vermochte. Es gibt also sich bedeckende Fixsterne am Himmel!

Wie schon bemerkt war W. Herschel der erste, welcher mit großem Eifer die Beobachtung der Doppelsterne in die Hand nahm; ihm folgten sein Sohn und James South; später entdeckte F. W. Struve in Dorpat mit dem 14fußigen Fraunhoferschen Refraktor zahlreiche neue Doppelsterne und bestimmte durch Mikrometermessungen von bis dahin ungeahnter Genauigkeit die Stellungen ihrer Begleiter. In Pulkowa setzte Struve diese Beobachtungen fort, und der dortige große Refraktor von 21 Fuß Brennweite gestattete die Entdeckung von noch mehreren Hundert Doppelsternen, deren Begleiter entweder sehr lichtschwach sind oder dem

Hauptsterne so nahe stehen, daß sie nur in den vorzüglichsten Instrumenten gesehen werden können. Der würdigste Nachfolger Struves auf dem Gebiete der Doppelsternbeobachtungen war der Baron von Dembowski, ein wohlhabender Privatmann, der mittels eines Refraktors von 19 cm Öffnung fast alle von Struve entdeckte Doppelsterne neuerdings beobachtete und dessen Messungen sich durch ungemeine Genauigkeit auszeichnen. Nach diesen Arbeiten hätte man glauben sollen — und die meisten Astronomen waren in der That dieser Ansicht — daß auf dem Gebiet der Doppelsternmessungen nur noch eine wenig reichhaltige Nachlese übrig bleibe. Wie sehr diese Ansicht irrig war, hat der Amerikaner Sherburn Wesley Burnham der Welt gezeigt, indem er mit einem Refraktor von nur 16 cm Öffnung, der an Größe also bedeutend hinter dem kleinsten der von den beiden Struves benutzten Refraktoren zurücksteht, in den letzten 12 Jahren fast 500 neue Doppelsterne entdeckte. In einem Verzeichnisse führt er 53 Doppelsterne des Struveschen Katalogs an, bei denen nach Struves Beobachtungen noch ein näherer Begleiter entdeckt wurde. Unter Zuhilfenahme des imposanten 18zolligen Refraktors zu Chicago hat Burnham noch außerdem mehr als 400 äußerst schwierige Doppelsterne aufgefunden. Man muß sagen, daß die Nachforschung nach neuen Doppelsternen zwar von den beiden Herschel, South, den beiden Struves, Dembowski und andre zwar erfolgreich betrieben wurde, daß aber erst Burnham eigentlich Virtuosität in diesen Zweig astronomischer Entdeckungen brachte. Zu seinen merkwürdigsten Leistungen gehört unstreitig die Wahrnehmung, daß der Begleiter von β im Orion (Rigel) selbst doppelt ist. Dieser Begleiter wurde am 1. Oktober 1781 von Herschel entdeckt als Sternchen 8. Größe, dessen Abstand vom Hauptstern etwa 10″ betrug. Er galt vor 40 Jahren als ein schwieriges Objekt, doch kann man ihn mit einem modernen Fernrohr von Reinfelder & Hertel schon sehen, das 8 cm Öffnung besitzt. Weder die Struves, noch auch Dembowski sahen bei dem Begleiter etwas besonderes; aber im Jahre 1872 glaubte Burnham mit Hilfe seines verhältnismäßig kleinen 6zolligen Refraktors zu bemerken, daß der Begleiter nicht völlig rund, sondern etwas länglich sei. Er forderte deshalb die im Besitze großer Instrumente befindlichen Beobachter auf, den Stern genau zu untersuchen, doch ohne Erfolg. Als Burnham jedoch später den großen Refraktor zu Chicago benutzen konnte, nahm er die Entscheidung der Frage selbst in die Hand. Im Jahre 1877 wurde von ihm das Aussehen des Sternes in zahlreichen Nächten geprüft. Der große Refraktor besitzt 5 Okulare von 190facher bis 925maliger Vergrößerung; nur die letztere zeigt eine kleine Verlängerung der Sternscheibe, diese aber so scharf und sicher, daß Burnham keinen Augenblick mehr an der Duplizität zweifelte. Er schätzt den Abstand der Mittelpunkte beider Sternscheibchen auf weniger als 0,2″ und bemerkt, dieser Doppelstern sei vielleicht der schwierigste seiner Klasse, den er jemals gesehen. Merkwürdig ist auch der Stern Nr. 86 in der Jungfrau. Derselbe wurde von dem älteren Struve als doppelt erkannt, aber wegen Schwäche des Begleiters später nicht beobachtet. Im Jahre 1879 sah Burnham im Refraktor zu Chicago, daß der Hauptstern doppelt ist und aus zwei Sternen 5,5 und 10,5 Größe

besteht, welche um 1,6" voneinander entfernt sind. Schon hatte er die Distanz des Zentralsterns und des Struveschen Begleiters mehrfach gemessen, als er fand, daß auch dieser letztere wieder aus zwei Sternen besteht. Dieselben sind 11,5. und 13. Größe und stehen 1,7" voneinander entfernt. Um sie zu trennen, ist eins der größten und vorzüglichsten Ferngläser erforderlich. Noch bei mehreren andern Sternen ist es Burnham gelungen, sowohl den Begleiter als den Hauptstern oder auch letzteren allein in zwei Sternpunkte zu zerlegen, Resultate, die eine Vorzüglichkeit des Fernrohres und eine Virtuosität des Auges beweisen, welche den früheren Doppelsternbeobachtern offenbar nicht zu Gebote standen.

Unter den 11000 bisher beobachteten Doppelsternen ist bei etwa 800 die Bewegung bereits unzweifelhaft nachgewiesen. Für etwa 30 sind sogar die Bahnen berechnet, und unter diesen für einige mit großer Sicherheit. Bei den wenigsten Doppelsternen werden diese Bahnen in Zeiträumen von weniger als drei Jahrhunderten durchlaufen, bei den meisten, wie es scheint, erst in Jahrtausenden; letztere gestatten also vorläufig noch keine einigermaßen sichere Bahnberechnung, und alle in dieser Beziehung gegebenen Zahlen können nur als Rechnungsresultate bezeichnet werden. Die kürzeste Umlaufszeit hat der Doppelstern δ im Füllen, sie beträgt vielleicht nur 7 Jahre, darauf folgt Nr. 42 im Haare der Berenice, sie beträgt $25^1/_2$ Jahre. Dann folgt ζ im Herkules mit $34^2/_5$ Jahren Umlaufszeit. Bei ζ im Krebse ist sie auf $60^1/_3$ Jahre bei ξ des großen Bären auf 61 Jahre, beim Sterne η in der Krone auf 42 Jahre, beim Hauptsterne des Centauren auf 77 Jahre berechnet worden. Bei dem schönen Doppelsterne γ der Jungfrau beträgt die Umlaufszeit schon 185 Jahre, bei dem Sterne δ des Schwans 415 Jahre, beim Doppelsterne σ der Krone vielleicht 500 Jahre und beim Kastor möglicherweise 1000 Jahre. Die Ellipsen, welche die Begleiter um den Zentralstern oder vielmehr um den gemeinsamen Schwerpunkt beschreiben, sind meist sehr exzentrisch. So beträgt bei ω im großen Löwen die Bahnexzentrizität 0,536 und die halbe große Achse 0,89 Sekunden. Dieser Doppelstern gehört zu den schwierigsten. Im Jahre 1841 zeigte ihn der Dorpater Refraktor nur noch länglich, später wurde er besser auflösbar, aber auch 1882 betrug die Distanz nur 0,6"; γ in der Jungfrau hat eine Exzentrizität von 0,896 und die halbe große Achse der Bahn ist 3,97 Sekunden. Gegenwärtig ist dieser Doppelstern leicht zu beobachten, aber 1835 war der Begleiter dem Hauptsterne so nahe, daß John Herschel im 20fußigen Spiegelteleskope beide Sterne nicht mehr getrennt sah. Struve dagegen sah ihn damals im Dorpater Refraktor stets getrennt oder doch mindestens länglich. Die Doppelsternbahn von ζ in Herkules zeigt eine Exzentrizität von 0,463, und die halbe große Achse ist 1,28 Sekunden. Dieser Doppelstern ist es, der dem älteren Herschel im Jahre 1802 zuerst die Erscheinung einer gegenseitigen Bedeckung zweier Fixsterne dargeboten hatte. Bei p im Ophiuchus beträgt die Exzentrizität 0,491, die halbe große Achse 4,7 Sekunden und die Umlaufszeit 94 Jahre. Da die Parallaxe dieses Doppelsternes bekannt ist, läßt sich berechnen, daß der Abstand des Begleiters von seinem Hauptsterne 600 Millionen Meilen beträgt. In dieser Entfernung würde aber die Anziehung unsrer Sonne nicht

ausreichen, einen Planeten in 94 Jahren zum vollständigen Umlaufe zu bringen. Die Anziehung in dem Doppelsternsysteme von p im Ophiuchus muß also größer sein, als diejenige unsrer Sonne, oder mit andern Worten, die Gesamtmasse jenes Systems übertrifft unsre Sonnenmasse, und zwar ungefähr 3mal. Bei manchen Doppelsternen, bei denen überhaupt noch eine Bewegung wahrgenommen werden konnte, erreichte diese im Laufe eines Jahres kaum den 15000—20000sten Teil des ganzen Umkreises. Wenn nun vollends fast neun Zehnteile aller Doppelsterne überhaupt noch keine Stellungsveränderung gezeigt haben, obgleich sie bereits seit fast 80 Jahren beobachtet wurden, so bleibt uns nur übrig, für sie Perioden von vielen Jahrtausenden anzunehmen und damit freilich auch die Entscheidung über ihre Bewegung einer fernen Zukunft zu überlassen.

Die Entdeckung der Doppelsterne bezeichnet, wie einst A. v. Humboldt sagte, eine der großen Epochen in der Entwickelungsgeschichte des höheren kosmischen Naturwissens. Der Glaube an die Festigkeit des Himmels ist erschüttert; die Fixsterne sind weder an den Himmel angeheftet noch unbeweglich. Aber eine neue, tiefere Überzeugung ist dafür eingetauscht, die von der Allgemeinheit des Naturgesetzes. Wir sehen Sonnen um Sonnen kreisen, beide selbständig leuchtend, keine dunkel und kalt, beide um den gemeinsamen Schwerpunkt schwebend. Dieselbe Kraft, dasselbe Gesetz, welches den Lauf der Planeten um die Sonne regelt, waltet auch in diesen Bewegungen. Das berühmte Newtonsche Gravitationsgesetz, wonach die Anziehungen im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Abstände stehen, ist die Voraussetzung, auf welche sich die Berechnungen der Bahnen der Doppelsterne gründeten. Diese Voraussetzung war an sich unberechtigt; denn das Newtonsche Gesetz war nur abgeleitet und nur bewiesen auf dem Gebiete unsres Planetensystems. Durch die Beobachtung war dies Gesetz auch hier in sein unbeschränktes Recht eingesetzt. Die späteren Beobachtungen gewährten die feinste Prüfung für die Voraussetzung, unter welcher man die ersten Beobachtungen verwendet hatte. Die beobachteten Bahnen stimmten mit den berechneten überein. So steht es denn fest, daß es bis zu den Grenzen der sichtbaren Welt hin eine anziehende Kraft gibt, die im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Abstände wirkt, eine Weltkraft, die nach gleichem Gesetze den Lauf der Sonne um Sonnen, wie den Lauf der Planeten und Monde oder den Fall des Steines beherrscht!

Wunderbare Welten sind es gewiß, diese Doppelsterne! Gerade in ihnen hat der Himmel, der sonst nur Lichtglanz und Dunkel kennt, den buntesten Schmuck der Farben angethan. Rot und grün, gelb und blau oder weiß schimmern sie oft dicht nebeneinander, und nur in seltenen Fällen mag die eine Farbe durch eine täuschende Kontrastwirkung der andern auf unsre Netzhaut hervorgerufen sein. Haben nun wohl gar jene verschiedenfarbigen Sonnen noch ihre uns unsichtbaren dunklen Planeten, welch wunderbares Lichtleben muß auf diesen herrschen, denen bald rote, bald grüne, bald gelbe, bald blaue Sonnen und Tage aufgehen! Gewiß ist diese Mannigfaltigkeit wunderbar, aber wunderbarer ist doch noch die Einheit des Gesetzes, das sie alle umfaßt, und das den Astronomen gestattet, nicht bloß die Jahre ferner Welten zu zählen, sondern selbst ihre Massen zu wägen.

William Herschel, sagte ich vorhin, hat durch die Entdeckung der Doppelsterne die Sonne entthront. Die Doppelsterne sind Welten gleich unsern planetarischen, bewegen sich in Ellipsen, wenn auch mehr ausgeschweiften, umeinander wie sie, von demselben Gesetze, dem Newtonschen Gravitationsgesetze, geleitet. Nur sind es Welten gleicher Art und Ordnung, Sonnen, die einander umkreisen; nur ist es ein leerer Punkt, der den Mittelpunkt ihres Systems einnimmt. Das Newtonsche Gesetz kennt Unterschiede, die auf Massen beruhen, nicht. Es beruht auf Gegenseitigkeit und berücksichtigt die Anziehung der kleinen Massen so gut wie die der großen. Das Newtonsche Gesetz verlangt für ein System von Körpern nur einen allgemeinen Schwerpunkt, auf den alle Bewegungen sich beziehen. Von unserm Sonnensysteme her sind wir gewohnt, diesen Schwerpunkt von einem bestimmten Zentralkörper materiell erfüllt und von diesem Zentralkörper zugleich durch Massenübergewicht die übrigen Glieder des Systems beherrscht zu sehen. Das Gesetz weiß davon nichts. Je größer freilich die Masse des einen gegenüber der Gesamtmasse der andern Körper eines Systems ist, desto näher wird er auch dem gemeinsamen Schwerpunkte stehen müssen. Während aber unsre Sonne die Gesamtmasse ihrer Planeten um das 700fache übertrifft, ist bei den Doppelsternen ein ähnliches Massenübergewicht eines Zentralkörpers nur unter den allergezwungensten und unwahrscheinlichsten anderweitigen Voraussetzungen zu denken. In den meisten Fällen läßt sich gar nicht einmal von einem Hauptsterne sprechen. Die Massen der miteinander verbundenen Sterne sind, nach der Helligkeit zu schließen, nahezu gleich, wie bei dem schönen Doppelsterne γ in der Jungfrau und selbst bei dem dreifachen Sterne ζ des Krebses. In andern Fällen dürfen sie wenigstens nicht sehr niedrige Verhältnisse überschreiten; beim Sirius hat die Untersuchung von Auwers ergeben, daß der Hauptstern vielleicht 14-, der Begleiter 7mal unsre Sonne an Masse übertrifft. Hier wäre also das Verhältnis wie **2 : 1**. Trotzdem leuchtet Sirius mindestens 500mal heller als sein Begleiter, und wir haben darin einen Beweis, daß die Lichtstärke der Fixsterne nicht ohne weiteres von ihrer Masse abhängt. Wenn aber so wenig von einander verschiedene Massen zu einem Systeme verbunden werden, so kann natürlich ihr gemeinsamer Schwerpunkt immer nur zwischen ihnen, niemals in der einen oder andern Masse selbst liegen. Dann werden aber auch beide Sterne einen nahezu gleichen Anteil an der Umlaufsbewegung nehnen, und es wird sich, streng genommen, gar nicht einmal mehr sagen lassen, daß ein Stern den andern umkreist. Trennen wir nun das Zufällige — wie es das Massenverhältnis gegenüber dem Gesetze ist — von dem Notwendigen, so haben wir auch in unserm Sonnensysteme nicht mehr den Zentralkörper, sondern den Schwerpunkt des Systems aufzusuchen und erst nachträglich zu prüfen, ob dieser wirklich ein materiell erfüllter sei. Wir wissen bereits, daß unsre Sonne in der That eine kleine Ellipse um diesen Schwerpunkt beschreibt, daß dieser also, wenn auch bisweilen der überwiegenden Masse wegen, doch nicht immer innerhalb des Sonnenkörpers, viel weniger in seinem Mittelpunkte liegt. Die Sonne ist damit in die Reihe der Planeten eingetreten und verdient nur den Namen ihrer Herrscherin durch die Nähe des Schwerpunktes der Gesamtheit.

Aber noch einer unsrer gewöhnlichsten und vermeintlich berechtigtsten Vorstellungen, die wir dem Sonnensystem entlehnten, scheint neuerdings durch die Beobachtungen jener Himmelsferne Gefahr zu drohen. Gewohnt, nur leuchtende Zentralkörper von dunkeln umkreist zu sehen, waren wir wohl überrascht, auch Sonnen um Sonnen sich bewegen zu sehen. Was wird der Leser aber zu einem dunkeln, unsichtbaren Zentralkörper sagen, der von Sonnen umkreist wird? Und doch ward der scharfsinnige Bessel zu einer solchen Annahme gedrängt. Bessel hat eine Astronomie des Unsichtbaren eröffnet, ähnlich jener Astronomie des Unbekannten, worauf Leverrier seine denkwürdige Berechnung des Neptun gründete. Er erkannte in den thatsächlich ermittelten Eigenbewegungen des Sirius und Procyon Abweichungen von einer überraschenden Gleichmäßigkeit. Wie Leverrier aus den rätselhaften Störungen in der Bewegung des Uranus, so schloß Bessel aus diesen Abweichungen in der Bewegung der Sterne auf die Nähe eines unbekannten anziehenden Körpers. Es mußten gewaltige Massen in der unmittelbaren Nähe des Sirius und Procyon vorhanden sein, welche jene Abweichungen hervorbrachten, und diese Massen konnten nur dunkle oder schwachleuchtende Welten sein. Jene uns einfach erscheinenden schönen Sterne sind also nach dieser Ansicht Doppelsterne, in denen uns aber das eine Glied nicht sichtbar wird. Peters in Pulkowa hat sogar die Bahn des Sirius um jenen Zentralkörper bestimmt. Er fand eine Umlaufszeit von 50 Jahren und 35 Tagen. Am 31. Januar 1862 fand Clark zu Cambridge in Nordamerika, als er den eben von ihm vollendeten großen Refraktor von 50 cm Objektivdurchmesser prüfte, der sich heute in Chicago befindet, in der Nähe des Sirius ein schwaches Sternchen. Auf seinen Bericht wurde es auch auf verschiedenen europäischen Sternwarten gesehen, und Auwers fand durch Berechnung, daß dieser Stern wahrscheinlich identisch mit der Besselschen dunklen Masse sei. Eine neue Bahnberechnung, bei der alle direkten Beobachtungen benutzt wurden, änderte die von Peters früher gefundene



Das Sternbild des Krebses.

Umlaufszeit nur unbedeutend. Sie beträgt $49^4/_{10}$ Jahre. Da die Parallaxe des Sirius bekannt ist, so fand sich seine Masse, wie ich bereits mitteilte, zu 14 Sonnenmassen, die Masse des Begleiters zu 7 Sonnenmassen. Der mittlere Abstand dieser beiden Körper beträgt 740 Millionen Meilen. Übrigens darf ich auch nicht verschweigen, daß neuerdings Vermutungen laut geworden sind, gemäß denen der helle Siriusbegleiter doch nicht mit der Besselschen Masse identisch ist, indem seine Umlaufszeit sich durch die Beobachtungen der letzten Jahre sehr viel größer als 50 Jahre herausstellt. Genaueres hierüber muß die Zukunft lehren. Auch bei Procyon hat sich Bessel zur Annahme eines dunkleren Begleiters veranlaßt gesehen, und Auwers fand dessen Umlaufszeit zu 40 Jahren. Anfangs 1874 glaubt Struve im 21 fußigen Refraktor zu Pulkowa den sehr lichtschwachen Begleiter wirklich zu sehen, doch war dies Täuschung.

So sind in der That durch die Entdeckung der Doppelsterne die gewohntesten Vorstellungen zerstört. Es ist vorbei mit der geträumten Majestät der Sonne, vorbei mit der Herrschaft der Massen und der rohen Gewalt. Nicht ein Körper ist es, sondern ein Gedanke, um den alle Welten kreisen, ein Gedanke, der alle Ordnung zusammenhält. Nicht der Wille des Einzelnen, sondern der Gesamtwille aller ist der bewegende Mittelpunkt des Lebens. Wer solch einen Schwerpunkt umfaßt, der ist Herr — seiner selbst und andrer!

Wenn auf der einen Seite durch den Gedanken des Gesetzes die Welt des Himmels sich niedersenkt in unser innerstes Leben, so vermögen wir auf der andern Seite durch dasselbe Gesetz einzudringen in die geheimnisvolle Natur jener Welten. Mag es dem Leser über die menschliche Fassungskraft hinauszugehen scheinen, wir vermögen jene Sterne, die kaum das schärfste Fernrohr als einzelne scheidet, die in unnahbaren Fernen schweben, aus denen das Licht Jahre und Jahrhunderte braucht, um zu uns herabzukommen — wir vermögen jene Sterne zu wägen! Ich habe bereits oben dem Leser beiläufig das Ergebnis einer solchen Sternwägung mitgeteilt und will ihm hier nur kürzlich den Weg andeuten, auf dem man zu solchem Resultate gelangt ist. Das Newtonsche Gesetz der Anziehungen, das sich in den Bewegungen der Doppelsterne so unzweifelhaft bestätigt, gestattet uns, zurückzuschließen auf die anziehenden Massen. Nach diesem Gesetze besteht eine feste Beziehung zwischen den anziehenden Massen und den Abständen und Umlaufszeiten, und zwar, wie Kepler nachgewiesen hat, stehen die Massen zu den Quadratzahlen der Umlaufszeiten in direktem, zu den Kubikzahlen der Abstände in umgekehrtem Verhältnis. Kennt man also bei den Doppelsternen aus unmittelbarer Beobachtung die Winkelgeschwindigkeit des einen Sterns, und ist man im stande, den Halbmesser der von ihm durchlaufenen Bahn in Meilen auszudrücken, so kann man auch nach Meter und Zentimeter berechnen, um wieviel dieser Stern in einer Sekunde gegen den Hauptstern fällt. Durch Vergleichung dieser Größe mit dem Falle eines Steines auf der Erde oder mit dem Falle der Erde gegen die Sonne, unter Berücksichtigung der verschiedenen Abstände, kann man das Verhältnis der Doppelsternmasse zur Erd- oder Sonnenmasse erhalten; mit andern Worten: man kann das Gewicht jener Doppelsterne bestimmen. Wer nicht mit den streng

logischen Schlußfolgerungen bekannt ist, die nach und nach bis zur Abwägung einer fern im Ozeane des Raumes strahlenden Sonne hinleiten, müßte es als thöricht betrachten, daß Menschen es wagen, von dem Gewichte einer Sonne zu sprechen, die wegen ihrer großen Entfernung selbst in den kraftvollsten Teleskopen nur als unteilbarer Punkt erscheint!

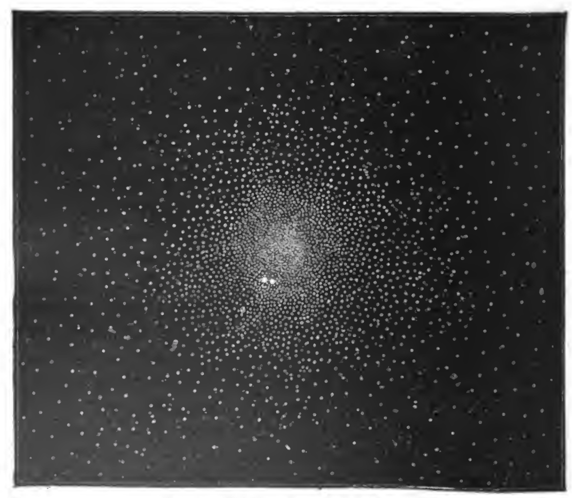
Aber noch in einer andern Beziehung verdient das gesetzliche Verhältnis zwischen Masse, Abstand und Umlaufszeit eine Beachtung. So gut wie sich aus einer bekannten Umlaufszeit und bekanntem Abstande ein Schluß auf die Masse der Doppelsterne ziehen läßt, wird sich auch umgekehrt aus bekannten Massen und beobachteten Umlaufszeiten auf die Entfernung, also auf die Parallaxe der Doppelsterne schließen lassen. Der Leser wird freilich einwerfen, daß wir doch eben die Massen dieser Sterne am wenigsten kennen! Aber annehmen können wir sie doch gewiß, und wenn wir sie etwa der unsrer Sonne gleich setzen, so werden wir wohl nicht gar zu weit von der Wahrheit abirren. Nenne der Leser die Resultate dann immerhin hypothetische Parallaxen; sie werden wenigstens bis zur Beobachtung der wirklichen eine annähernde Vorstellung von der Entfernung jener Sternsysteme gewähren. Daß sie aber wirklich in hohem Grade annähernde genannt werden können, geht aus der Vergleichung einiger solcher hypothetischen Parallaxen mit beobachteten hervor. So beträgt die hypothetische Parallaxe bei 61 des Schwans 0,247 Sekunden, bei α des Centauren 0,857 Sekunden, beim Polarstern 0,055 Sekunden; die aus den Beobachtungen durch Rechnung abgeleiteten Parallaxen dagegen sind 0,5, 0,019 und 0,076 Sekunden. Wenn nun neun Zehnteile aller Doppelsterne noch gar keine erkennbare Winkelbewegung gezeigt haben, so muß man ihnen entweder eine hypothetische Parallaxe von weniger als $^1/_{200}$ oder gar $^1/_{500}$ Sekunde, also eine Entfernung von 40—100 Millionen Sonnenweiten, 650—1600 Lichtjahren zugestehen, oder man muß, um sie etwa in die Nähe des Hauptsterns des Centauren zu rücken, ihre Masse kleiner annehmen als die Masse



Das Sternbild des Wassermanns.

unsres Planeten Merkur. Das eine wie das andre läßt uns auf eine wunderbare Leuchtkraft jener Welten schließen; denn es sind Sterne zweiter und dritter Größe darunter, wie der Hauptstern des Herkules, der Stern γ des Widder und ξ im Sternbild des Bootes. Diese große Leuchtkraft gewisser Sterne ist auch durch direkte photometrische Bestimmungen im Anschlusse an die gemessenen Entfernungen derselben bewiesen. So übertrifft Sirius unsre Sonne außerordentlich in absoluter Lichtstärke und in noch höherem Grade gilt dies von Kapella. Dagegen ist der Stern Nr. 61 im Schwan weit lichtschwächer als unser Tagesgestirn, und dasselbe gilt von dem relativ so glänzenden Fixstern α im Centauren.

Ich hatte Wunder, hatte Gedanken versprochen auf diesem Ausfluge durch die Räume der Fixsternwelt. In reicher Fülle sind sie entgegengeströmt. Wir sehen zahllose Sonnen, der unsrigen vergleichbar an Masse und Leuchtkraft, im unermeßlichen Weltraume sich bewegen, bald einzeln, bald zu zweien um den gemeinsamen Schwerpunkt kreisend; wir erkannten dasselbe Gesetz in den Tiefen der räumlichen Unermeßlichkeit wieder, welches hienieden den emporgeworfenen Stein zur Erde zwingt: aber eine höhere Einheit, welche die einzelnen Systeme zu einem Gesamtganzen verbindet, trat uns bis jetzt noch nicht in erkennbaren Zügen entgegen. Lassen wir jetzt den Gedanken auch zu einem Abschlusse kommen, daß der Himmel, den die Forschung uns zerstörte und in Atome zersplitterte, sich von neuem durch die Resultate der Forschung zu einer Gesamtheit, zu einem Ganzen abrunde!



Sternhaufen im Tucan, nach Lord Rosse.



Spiralförmiger Nebelfleck in den Jagdhunden nach der Zeichnung von Lord Rosse.

Sechstes Kapitel.

Das Fixsternsystem.

Der Anfang ist an allen Sachen schwer,
Bei vielen Werken fällt er nicht ins Auge.

Wir haben es versucht, mit Hilfe der wissenschaftlichen Forschung den Schleier von jenem Himmelsgewölbe zu heben, das sich über uns ausspannt, und haben gesehen, in welche unnahbare Ferne das Gewölbe allmählich entschwebte. Wie ganz anders dachten sich doch die Alten die Höhe des Himmels! Hephästos, von Zeus aus dem Himmel geschleudert, so erzählt uns Homer, fiel in einem Tage auf Lemnos herab und „er atmete nur noch ein wenig.“ In wilderen Schätzungen ergeht sich wohl die Phantasie eines Hesiod, wenn er vom Sturze der Titanen in den Tartarus singt:

„Wenn neun Tage und Nächte dereinst ein eherner Amboß
Fiele vom Himmel herab, am zehnten käm' er zur Erde.“

Aber was will auch eine solche Entfernung, die etwa dem anderthalbfachen Abstande des Mondes von der Erde entspräche, sagen gegen die Anschauung, die wir heute gewonnen haben! Auf eine für unsre Vorstellungen fast unermeßliche Weite von

$4^2/_3$ Billionen Meilen waren wir gezwungen, den Abstand des nächsten Fixsternes von unsrer Erde zu setzen, einen Raum, den das flüchtige Licht selbst erst in $3^1/_2$ Jahren durchfliegt!

Wie ganz anders schauten die Alten das Himmelsgewölbe an! Das gilt nicht bloß von seinen Entfernungen, die wir nach Lichtjahren, jene nach irdischer Fallgeschwindigkeit schätzten, das gilt auch von seinem reichen Inhalt. Plinius, der doch das Sternenverzeichnis Hipparchs, des berühmtesten Astronomen des Altertums, kannte, zählte an dem schönen italischen Himmel nur 1600 sichtbare Sterne. Und jetzt zählt das unbewaffnete Auge, das doch dasselbe geblieben und nur anders schauen gelernt hat, an dem ungünstigen nordischen Himmel 4000—6000 deutliche Sterne. Was will das aber sagen gegen die unermeßliche Weltenzahl, welche das Teleskop dem Auge enthüllt hat, gegen die 30 000 und mehr Sterne erster bis neunter Größe, welche unsre Sternverzeichnisse aufführen gegen die 18 000 000 Sterne, welche William Herschel in der Milchstraße allein für sein 40füßiges Teleskop als sichtbar annehmen zu müssen glaubte, gegen die unzählbaren Sternheere, die Lord Rosses Riesenteleskop in den menschlichen Gesichtskreis eingeführt hat!

Anders aber schaute das Altertum den Himmel nicht bloß darum an, weil ihm die Mittel des Sehens und der Beobachtung fehlten, sondern weil es diesen Mangel durch seine Träume ersetzen wollte. Seine Dichter und Weisen gefielen sich darin, die Spuren einer mythischen Götterwelt am Himmel zu suchen. In jener Milchstraße, die wie ein glänzendes Diadem den Sternhimmel schmückt, und in der wir heute den Abglanz einer unendlich reichen, fernen Welt sehen, schauten die Griechen nichts als etwa von einem göttlichen Säugling vergossene Milchtropfen, oder die feurigen Spuren, welche der Wagen des Phaëton hinterließ, oder gar die Spuren eines ausgetretenen Weges, den die Sonne einst wandelte, ehe sie ihren Lauf durch den Tierkreis antrat. Der erste, welcher Wahrheit und Wirklichkeit ahnte hinter jenem schimmernden Lichtglanz, weil er eben nur Natur und nicht träumerische Ideen am Himmel suchte, war ein alter griechischer Philosoph, Demokrit, bekannt als der Gründer der atomistischen Schule. Er sah im Glanze der Milchstraße die sich mischenden Bilder von unendlich vielen, durch ihre unermeßliche Entfernung eng aneinander gedrängten Gestirnen. Das Fernrohr Galileis bestätigte die bewunderungswürdige prophetische Anschauung des Philosophen, indem es dort Sterne zeigte, welche das bloße Auge nicht mehr erkennen konnte; doch darf man ja nicht glauben, was in einzelnen populären Schriften zu lesen ist, Galileis Fernrohr habe die Milchstraße in Sterne aufgelöst. In einem Fernrohre sieht man überhaupt vom Schimmer der Milchstraße meistens nichts mehr, jedoch keineswegs weil es dieselbe in Sterne zerlegt, sondern weil in dem kleinen Gesichtsfelde der Kontrast mit der dunkleren Umgebung des Himmelsraumes fehlt. Man kann deshalb auch mit einem Fernrohre den Verlauf im einzelnen nicht feststellen, sondern höchstens nur die Zunahme der Sterne in der Richtung zur Ebene der Milchstraße. Dagegen werden einzelne Nebelflecke, die in der Milchstraße stehen, allerdings von großen Teleskopen in Sterne zerlegt.

Seit man eine reiche Welt in jenem „leuchtenden Meteore" des Himmels, wie noch Aristoteles die Milchstraße nannte, zu schauen gelernt hat, ist auch ihrer Gestalt und ihrem Verlauf ein aufmerksamer Blick geschenkt worden. Dort im Südosten zwischen den prachtvollen Sternbildern des Orion, des großen und kleinen Hundes steigt sie empor, anfangs ein schwacher Lichtstrom, der die Hörner des Stiers berührt und sich über die Böckchen des Fuhrmanns ergießt. Eine wunderbare Verzweigung der Milchstraße beginnt jenseit des Zeniths in der Kassiopeja. Hier sendet sie einen Zweig südöstlich zum Perseus, der sich gegen die Plejaden und Hyaden verliert, und weiterhin einen andern nordwestlich gegen den kleinen Bären und den Nordpol des Himmels. Im Schwane, der anmutigsten und sternreichsten Gegend des nördlichen Himmels, zeigt sich in ihrer Mitte eine breite, dunkle Leere, von der gleichsam als Mittelpunkt drei Lichtströme ausgehen, deren einer sich erst in der Gegend des Adlers verliert. In ununterbrochener flockiger Gestalt zieht sie nun weiter über den Adler hinaus zum Schützen, wo sie der Horizont uns verbirgt. Am südlichen Himmel aber steigt sie im Schwanze des Skorpions wieder empor, um in der größten Pracht ihres Glanzes sich über Altar und Triangel zu dem funkelnden Sterne des Centauren zu ergießen. Hier, auf dieser Strecke vom Schützen bis zum Schiffe, entfaltet die Milchstraße die wunderbarste Mannigfaltigkeit und Pracht der Gruppierung, hier werden ihre Verzweigungen die reichsten und glänzendsten. Einen Zweig sendet sie schon vom Triangel aus bis nahe an den Fuß des Schlangenträgers, einen andern vom Hauptstern des Centauren zum Sternbilde des Wolfes, bis sie am Hinterteile des Schiffes, fächerförmig zerteilt, völlig abbricht und eine weite dunkle Lücke zeigt, jenseit deren sie sich anfangs wieder mannigfach verzweigt, dann als ein ungeteilter breiter, aber immer schwächerer Lichtstrom durch den großen Hund zum Orion an unserm östlichen Horizonte fortsetzt. Da, an jener Stätte ihres höchsten Glanzes, wo sie sich bald in einer Breite von 20 Himmelsgraden ausdehnt, bald auf vier bis fünf Grade zusammenzieht, umfaßt sie das strahlende Kreuz des Südens. Dort schneidet sie jenen glänzenden Gürtel der größten und vielleicht nächsten Gestirne des Himmels, der sich vom Orion durch das Kreuz zum Skorpion hinzieht. Dort umschließt sie, gleichsam um durch den Kontrast die Wirkung ihres Glanzes noch zu heben, jene wunderbaren schwarzen Flecken, die man als Kohlensäcke bezeichnet, und in denen Herschel Öffnungen des Himmels sah, durch welche es gestattet sei, gleichsam in den finstern Weltraum zu blicken.

Das ist in flüchtigen Umrissen ein Bild von der scheinbaren Gestaltung der Milchstraße. Eine höchst genaue, auf eignen Beobachtungen während eines Zeitraumes von mehr als einem Vierteljahrhundert beruhende Darstellung des Zuges der Milchstraße am Nordhimmel hat vor längerer Zeit Professor Heis in seinem Atlas novus coelestis gegeben. Diese Darstellung gibt eine Idee von dem Reichtume der Milchstraße, von Lichtabstufungen und geballten Formen; außerdem lehrt sie, daß die Mittellinie der Milchstraße in Gestalt eines größten Kreises den Himmel umzieht.

Wir werden nun auch verlangen, eine Anschauung von den wirklichen Ver-

hältnissen der fernen Sternwelt und unsrer Stellung zu ihr zu gewinnen. Mag es auch nur ein Dämmerlicht sein, welches auf solchen Resultaten ruht, so haben sie doch eine hohe Berechtigung, weil sie im Geiste denkender Menschen zu Reflexionen führen, die einen Naturgenuß verschaffen, der aus Ideen entspringt. Darin liegt ja überhaupt die Existenzberechtigung der ganzen Sternkunde, von der niemand materiellen Nutzen erwartet und deren Ermittelungen nur Bedeutung haben, insofern sie Bausteine liefern zu der geistigen Brücke, die über Raum und Zeit hinweg unser Sein mit Vergangenheit und Zukunft des Weltalls verknüpft.

Nicht der Zufall allein kann in jener auffallenden Gruppierung der Sterne gewaltet haben. Es widerstrebt unsrer ganzen Anschauung, diesen Sternring von dem Heere der uns vereinzelt am Himmel erscheinenden Sterne zu scheiden. Der Leser wird sich unwillkürlich jener Täuschung erinnern, die in einem Walde nach seiner Längesrichtung die Bäume dichter gedrängt erscheinen läßt, als nach seiner Breitenrichtung. So werden wir auch dem Versuch nicht widerstehen können, die ganze Schar der Sterne am Himmel in ein großes Weltensystem zusammenzufassen. Auch unsre irdische Heimat, unser Sonnensystem gehört diesem großen Weltganzen an. Aber welche Stellung hat es in demselben? Diese Frage mit wissenschaftlichen Gründen zu beantworten, hat erst Fr. Wilh. Herschel unternommen, aber am Ende seines langen und ruhmreichen Lebens war er genötigt, einzugestehen, daß seine Untersuchungen in dieser Beziehung zu keinem bestimmten Resultate geführt hatten. Im Jahre 1784 veröffentlichte er zuerst seine Gedanken über die Stellung unsrer Sonne im Fixsternreiche. Er dachte sich die Fixsterne in Schichten geordnet und unsre Sonne nicht weit abstehend von dem Punkte, wo eine kleinere Sternschicht von einer größeren sich abzweigt. Im Jahre 1785 glaubte er, daß sein Teleskop allenthalben die äußersten Grenzen der Milchstraße erreicht habe und hielt diese an den meisten Stellen für verhältnismäßig eng begrenzt; 1814 betrachtete er die helleren geballten Stellen der Milchstraße als Folgen einer zusammenballenden Kraft und glaubte an eine allmähliche Auflösung und ein dereinstiges Zerfallen der Milchstraße. Im Jahre 1817 veröffentlichte William Herschel eine Abhandlung, in welcher er zeigte, daß unser Sonnensystem tief in der Milchstraße selbst liege, und 1818 endlich, in seiner letzten bezüglichen Arbeit erklärte er endlich die Tiefe der Milchstraße für unergründlich! Damit fällt natürlich jede Spekulation über ihre äußere Gestalt von selbst fort, und diejenigen, welche auf die Autorität Herschels hin das ganze Fixsternsystem als linsenförmig darstellten und in der Milchstraße den Rand dieser Linse sehen wollten, haben über der Festhaltung solcher Ansicht vergessen, daß Herschel selbst diese Meinung vor seinem Tode definitiv aufgegeben hat.

Nach Herschels Tode hat zuerst Struve die Untersuchung der Milchstraße und der Stellung unsres System zu derselben wieder aufgenommen. Seine wichtige Arbeit ist mit allen Hilfsmitteln der Wissenschaft durchgeführt worden, und er kommt zu dem ergebnisse, „daß die Erscheinung der Sternhäufung oder Kondensation aufs engste mit der Natur der Milchstraße verbunden ist, oder vielmehr, daß diese Kondensation und der Anblick der Milchstraße identische Erscheinungen

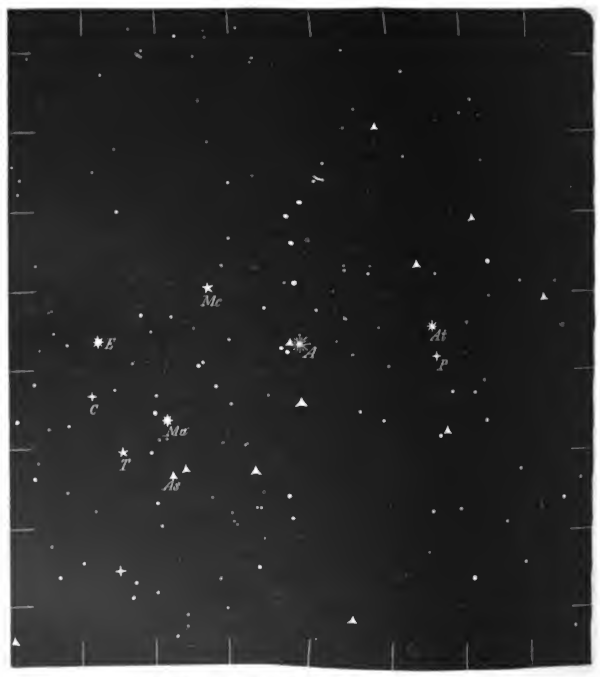
sind." Gegen die Ebene der Milchstraße hin zeigen sich die Sterne immer gedrängter, und Struve hat eine Formel abgeleitet, aus welcher sich die mittlere Sternfülle für die verschiedenen Winkelabstände von der Milchstraße ergibt. Er blieb zuletzt dabei stehen, daß sämtliche für uns wahrnehmbare Sterne zum Systeme der Milchstraße gehörten und daß die mittleren Abstände zwischen zwei benachbarten Sternen in dem Maße größer würden, als diese Sterne entfernter von der Ebene der Milchstraße ständen. Dieses Ergebnis ist richtig, wenn man es auf die scheinbaren Verhältnisse bezieht, und als solches nichts Neues, unrichtig dagegen, wie ich nachgewiesen habe, wenn man auf die wahren Abstände zurückgeht. Aus meinen Untersuchungen ergibt sich, daß die Milchstraße zu unserm Fixsternsysteme zunächst in gar keiner Beziehung steht*). Der Fixsternkomplex, zu dem unsre Sonne gehört, ist nahezu kugelförmig, neben ihm, in ungemessenen Distanzen, existieren noch zahllose andre, ebenfalls nahezu kugelförmige Fixsternsysteme, die sämtlich ungefähr in einer Ebene gruppiert sind. Diese ist nun die Ebene der Milchstraße, und die Ringform der letzteren ist eine daraus mit Notwendigkeit hervorgehende optische Täuschung. Was Kant, von bloßer Spekulation ausgehend, als wahrscheinlich hinstellte: die Existenz einer Hauptebene für die Fixsternwelt, analog derjenigen, um welche im Sonnensysteme die Planetenbahnen gruppiert sind, findet in den genaueren Untersuchungen, welche sich auf Sternkataloge und Berechnungen gründen, seine Bestätigung. Die Verwüstungen durch die Zeit und die Spuren vom Aufbrechen der Schichten, welche William Herschel in einzelnen Teilen der Milchstraße phantasiereich zu erkennen glaubte, ebenso wie seine berühmten „Öffnungen im Himmel", erklären sich ungezwungen aus der perspektivischen Ausstreuung ungleich großer, dichter und entfernter Sternhaufen und Nebelflecke.

Einer dieser Sternhaufen ist auch der unsrige, die Gesamtheit der Sterne, welche sich nächtlich über unserm Haupte wölben. Er bildet in seiner (nach unsern Anschauungen sich ergebenden) Zusammenstellung ein selbständiges System, ein Ganzes, den übrigen Sternhaufen ebenbürtig.

Es war die äußere Physiognomie der Himmelslandschaft, aus welcher wir unsre Vorstellung von der äußern Gestaltung des Weltganzen schöpften. Aber das reiche, bunte Bild der Himmelslandschaft war in der That kein kaltes, lebloses Bild. Es regte sich in ihm wie auf unsern Fluren: Sterne kommen und schwinden; sie wechseln wie das Treiben eines Mückenschwarms. Denn was hat die Zeit mit solchem Bilde zu thun, was sind Millionen Jahre für solche Gebilde. Sterne kommen und gehen; die plötzlich auflodernden neuen Sterne und die Lichtwechsel der Veränderlichen geben davon Zeugnis. Sterne wechseln ihre Ordnung; teleskopische Doppelsterne kreisen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt; Planeten, Monde und zahllose Kometen schweifen über das Himmelsgewölbe hin, und jede schießende Sternschnuppe gleicht einer verblühenden Blume. Doch auch das gesamte Gemälde zieht wie durch einen verborgenen Mechanismus langsam an unsern Blicken vorüber; das Vorrücken der Nachtgleichen und das Wanken der Erdachse

*) Vgl. Klein, Der Fixsternhimmel. Braunschweig 1872. Seiten 295—321.

führen neue Sterne am Horizonte herauf und entziehen uns andre. Aber noch ist das bewegliche Leben der Himmelsphysiognomie nicht erschöpft. Das ganze Heer der Sterne, die eine beschränkte Anschauung feste nannte, ist in einer ewigen Bewegung begriffen; sie alle wandeln ihre Bahnen, wie Monde und Planeten. Diese Bewegung gab dem Bilde Leben, und in ihr allein haben wir die innere Einheit, das gesetzliche Band, das diese Welten zu einem Systeme zusammengefaßt, zu suchen.



Die Gruppe der Plejaden im Sternbilde des Stiers.

Bewegungen verlangen eine bewegende Kraft und, wenn sie einander nicht stören und vernichten sollen, ein ordnendes Gesetz. Wo das Gravitationsgesetz gilt, muß es auch einen Schwerpunkt geben, und wo es bewegte Körper gibt, seien es Planeten oder Fixsterne, da müssen sie diesen Schwerpunkt umkreisen. Diese um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisenden Sonnen bilden aber ein geordnetes Ganzes, ein System, ein Reich. Es gilt also in der That, ein Weltreich zu begründen, zu begrenzen, auszumessen und vor allem ihm einen Herrscher zu geben.

Gewiß eine sehr verführerische Aufgabe für die Phantasie; aber wir wollen uns beeilen, ihr durch den berechnenden Verstand zuvorzukommen!

Wo es sich um die Herrschaft handelt, und wäre es selbst in den fernsten Räumen des Weltalls, da fehlen die politischen Parteien nicht. Monarchisten und Republikaner stehen einander auch hier gegenüber. Entweder eine gewaltige Zentralsonne muß dieses Sternsystem beherrschen, alles überragend an Masse und Kraft, oder ein Gedanke ist es, ein massenloser Punkt, in dem sich alle Anziehungen vereinigen, und dessen Stelle nur zufällig und zeitweilig ein vielleicht unscheinbarer Stern einnimmt. Möglich ist das eine wie das andre; für jenes spricht unser Sonnensystem, für dieses sprechen die Doppelsterne. Jedes hat auch seine Partei gefunden und jede Partei ihren namhaften Führer, die monarchische früher zeitweise in Argelander, die republikanische später in Mädler.

In allen Fällen ist es immer nur der Schwerpunkt, welcher die Herrschaft gibt. Schon der Philosoph Kant, der noch nicht die Eigenbewegung der Sterne kannte, meinte im Sirius, dem glänzendsten aller Sterne, die Zentralsonne zu finden. Die spätere Beobachtung hat diese Herrschaft freilich nicht bestätigt, im Gegenteil haben wir gesehen, daß Sirius sich mit einem Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt schwingt.



Die Gruppe der Hyaden im Sternbilde des Stiers.

Die Gegend des Himmels, in welcher Mädler den Schwerpunkt des großen Sternsystems suchte, umfaßt ungefähr die Sternbilder des Widders, des Stiers, der Zwillinge und des Orion. Eine nähere Bezeichnung glaubte er aus der Eigenbewegung unsrer Sonne zu erlangen. Ist die Bahn der Sonne nämlich kreisförmig, so ist die Richtung der Sonnenbewegung, die wir ja kennen, die Tangente des Kreises, in welchem die Sonne sich bewegt. Der Mittelpunkt dieses Kreises und damit der Schwerpunkt des Systems ist also innerhalb eines größten Kreises zu suchen, welcher jenen bekannten Punkt im Sternbilde des Herkules, gegen welchen unsre Sonne fortschreitet, zum Mittelpunkt hat. Mädler wandte auf diesen Kreis gewisse, aus der Lage der Milchstraße abgeleitete Andeutungen an und erhielt so für den wahrscheinlichen Ort des Schwerpunktes die Gegend des Himmels, welche sich vom Perseus zwischen Widder und Stier hinzieht. In den Plejaden des Stiers glaubte Mädler schließlich den Schwerpunkt des Himmels zu finden.

Es waren freilich nur unbestimmte Hindeutungen auf das gesuchte Ziel, denn über die wirkliche Form der Sonnenbahn läßt sich im voraus nicht entscheiden, und

mit der Verwerfung der Kreisform schwinden auch alle Schlüsse, die wir daran knüpften. Eine sichre Annäherung zum Ziele würden wir nur in einer genauen Vergleichung der verschiedenen Eigenbewegungen der Sterne finden können. Dazu müßten wir aber im stande sein, den Sinn dieser Bewegungen richtig zu deuten, und um dies wieder zu können, müßten wir zuvor eine Entscheidung über die Form des gesuchten Schwerpunktes treffen. Ist es ein massenhafter Zentralkörper, der ihn in sich schließt, wie Argelander einst meinte, oder ist es ein leerer, massenloser Punkt, wie Mädler meint? Das ist, wie wir sehen werden, für die Deutung der Sternbewegungen nicht gleichgültig.

Kein glänzender Stern zeigte sich im Bilde des Perseus, den Argelander für seine mächtige Zentralsonne hätte erklären können, und eine dunkle, unsichtbare Gespenstersonne zur Herrscherin so vieler Millionen glanzvoller Sonnen einsetzen zu wollen, konnte ihm nicht einfallen. Das wäre nun freilich noch kein Beweis für das Nichtvorhandensein einer solchen Zentralsonne. Aber machen wir uns einmal das fragliche Wesen klar. Es wird ein Zentralkörper gesucht, der den Fixsternen gegenüber ein ähnliches Übergewicht behauptet, wie die Sonne gegenüber den Planeten. Wir wollen nun die Anzahl der uns teleskopisch sichtbaren Sterne mit William Herrschel nur auf 20 Millionen anschlagen und jedem Sterne durchschnittlich nur eine Masse geben, die der unsrer Sonne gleich ist, so erhalten wir für die Masse der gesuchten Zentralsonne, wenn sie auch nach dem in unserm Sonnensysteme bestehenden Verhältnis 720—750mal die Gesamtmasse ihres Systems übertreffen soll, eine Masse, die 15 Milliarden unsrer Sonnenmasse gleich wäre, und einen Körper, der bei der Dichtigkeit unsrer Sonne 2450mal diese an Durchmesser überträfe. In welch ungeheuere Entfernung müßten wir diesen Koloß hinausrücken, oder wie unendlich gering müßten wir seine Leuchtkraft anschlagen, wenn er nicht als zweite Sonne an unserm Firmamente strahlen sollte!

Das ist allerdings ein starker Einwurf gegen die Wahrscheinlichkeit einer solchen Zentralsonne. Aber ein ungleich gewichtigerer läßt sich aus den Eigenbewegungen der Sterne herleiten. In einem Systeme von Welten, in welchem die Anziehung eines massenhaften Zentralkörpers die Bewegungen leitet, müssen notwendig die rascheften Bewegungen in der größten Nähe dieses anziehenden Körpers stattfinden. So ist es in der That in unserm Sonnensystem. Wir wissen, daß die Geschwindigkeit des Merkur 10mal die des fernen Neptun übertrifft, und daß im weitgeschweiften Laufe der Kometen oft noch 10- und 20mal größere Unterschiede der Geschwindigkeit vorkommen. Auch in der Nähe jener angenommenen Zentralsonne müßten also unzweifelhaft besonders schnelle Bewegungen der Sterne sich zeigen. Noch ist aber keine Gegend des Himmels gefunden worden, in welcher so schnelle Bewegungen um einen Punkt sich gruppierten, und doch könnten sie eben darum der Beobachtung am wenigsten entgehen. Wollte man selbst zugeben, daß die Schnelligkeit solcher Bewegungen durch eine ungeheuere Entfernung minder bemerklich werden könnte, so würde durch diese Entfernung wieder der störende Einfluß der Sonnenbewegung aufgehoben, und wir müßten die reinen Eigenbewegungen der die Zentralsonne umkreisenden Sterne selbst erblicken. Es müßte

sich also irgend eine Sterngruppe auffinden lassen, in der alle möglichen Richtungen der Eigenbewegung gleich häufig vertreten wären. Mädler, der mehr als 3000 Sterne inbetreff ihrer Eigenbewegungen verglich, hat für keine einzige Gegend des Himmels den Einfluß der Sonnenbewegung ganz schwinden sehen.

So sind wir denn genötigt, den Glauben an eine einzelne allumfassende Zentralsonne aufzugeben. Wir könnten nun meinen, es bestehe überhaupt kein innerer, gesetzlicher Zusammenhang zwischen diesen zahllosen Sternen, es sei in Wirklichkeit nur ein Haufenwerk, nicht ein System von Welten, und die Eigenbewegungen der Sterne ließen sich aus einer Anziehung der zufällig nächststehenden Sterne erklären. Dagegen aber würden wieder die Doppelsterne ein wichtiges Zeugnis bilden. Nicht etwa das Dasein der Doppelsterne überhaupt! Denn warum sollten nicht auch kleine Systeme von diesen Haufen umschlossen werden? Aber diese Doppelsterne zeigen auch eine Eigenbewegung, und die Größe dieser Eigenbewegung übertrifft durchschnittlich fünfmal die durch die gegenseitige Anziehung bewirkte Bahnbewegung der Doppelsterne. Man würde ungeheure Sonnenmassen anzunehmen haben, um durch deren Anziehung aus weiter Ferne so gewaltige Wirkungen hervorbringen zu lassen. Dazu kommt noch die neuerdings bemerkte Thatsache, daß das Band eines gemeinsamen Konnexes am Sternhimmel sich nicht bloß auf die nur wenige Sekunden voneinander entfernten Doppelsterne erstreckt, sondern daß so weit voneinander stehende Fixsterne, als die hellen Sterne β, γ, δ, ε, ζ im großen Bären, nach Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit einem engern Verbande angehören.

Die Anordnung aller dieser Welten zu einem einheitlichen System wäre also hiernach nicht unwahrscheinlich. Nur eine andre Gestaltung dieses Systems müssen wir suchen, als wir sie aus unserm Sonnensystem abgeleitet hatten. Da sind es denn die Doppelsterne, in denen wir einen Gedanken lesen, nach welchem die Natur Welten zu ordnen weiß.

Erinnern wir uns der Umwälzungen, welche die Doppelsterne in unsern Vorstellungen hervorbrachten! Wir sahen hier gleichberechtigte Glieder ein System bilden, und keinem vermochten wir die Bezeichnung eines Hauptsternes beizulegen. Wir waren genötigt, sogar auf unser Sonnensystem die veränderte Anschauung zu übertragen und die Herrschaft unsrer Sonne zu erschüttern. Ein System, auf das Newtonsche Anziehungsgesetz gegründet, so lautet unser Urteil, erfordert nichts als einen gemeinsamen Schwerpunkt. Nur die Art der Bewegung ist an die Verteilung der Massen in einem solchen System geknüpft. Immer ist es zwar die gesamte Masse, welche die Anziehung ausübt, aber für einen Punkt innerhalb der anziehenden Masse entspricht die Größe der Anziehung doch nur dem Abstande von dem Schwerpunkte, da alle darüber hinaus liegenden anziehenden Kräfte durch den Gegensatz ihrer Richtungen einander aufheben. Bei einer gleichen Verteilung der Massen, also bei Abwesenheit einer überwältigenden, den Schwerpunkt umschließenden Zentralmasse, müssen die Anziehungen wachsen mit der Entfernung vom Schwerpunkt. Bei kreisförmigen Bewegungen der Körper eines solchen Systems muß auch die Geschwindigkeit dieser Bewegungen in demselben

Verhältnis wachsen; alle Glieder müssen in gleicher Zeit ihren Kreislauf vollenden und vom Mittelpunkt aus gesehen in gleichen Zeiten gleiche Winkel beschreiben.

Sollte ein solches System nicht annähernd wenigstens das große System unsrer Fixsternwelt sein? Die Bewegungserscheinungen müßten hier gerade entgegengesetzter Art sein, als wir sie nach den in unserm Sonnensysteme gemachten Erfahrungen zu erwarten hätten. Nicht die schnellsten, sondern gerade die langsamsten Bewegungen haben wir jetzt in der Nähe des Zentralpunktes zu suchen. Ständen wir in der Mitte des Systems selbst, so würde uns die Geschwindigkeit überall dieselbe, also unabhängig von der Entfernung und damit auch unabhängig von der Helligkeit erscheinen, soweit wir nämlich von der Helligkeit auf die Entfernung schließen dürfen. Stehen wir aber, wie es doch wahrscheinlich ist, außerhalb dieser Mitte, so müssen wir wenigstens einigermaßen eine Abhängigkeit zwischen der Bewegungsgeschwindigkeit und der Helligkeit bemerken. Mädler glaubte dies in der That gefunden zu haben und kam in einer großen Untersuchung zu dem Resultate, daß bezüglich der Plejadengruppe, speziell bezüglich des hellsten Sternes derselben, Alcyone, alle scheinbaren Bewegungen sich genau so gestalten, um jenen Stern als den Zentralpunkt unsres Fixsternsystemes erscheinen zu lassen. Indessen legte Mädler diesem Sterne keineswegs eine so große Masse bei, als erforderlich ist, um das ganze Fixsternheer um sich herum zu führen, sondern er behauptete nur, daß dieser Stern, mehr oder weniger zufällig, dem Schwerpunkte unsres Fixsternsystemes sehr nahe stehe. Sehen wir nun einmal genauer zu, wie sich unter Annahme eines solchen Schwerpunktes die Bewegungen der Fixsterne gestalten müssen.

Zunächst darf in dem Schwerpunkt des Systemes selbst und in seiner unmittelbaren Umgebung keine andre Bewegung bemerklich sein als die, in welcher sich etwa die Sonnenbewegung abspiegelt. Die Richtung dieser Bewegung aber läßt sich sehr leicht aus der bekannten Sonnenbewegung für jeden Stern durch Rechnung ermitteln. Sie wird angegeben durch einen größten Kreis, den man von jenem Punkte des Herkules, dem Zielpunkte unsrer Sonnenbewegung, durch den betreffenden Stern zieht. Es muß sich ferner in den Eigenbewegungen der Sterne mit dem wachsenden Abstande vom Schwerpunkte eine gewisse regelmäßige Zunahme der Geschwindigkeit erkennen lassen, die aber über einen Abstand von 90° hinaus verschwinden muß. Ebenso müssen auch mit dem zunehmenden Abstande die Abweichungen der Eigenbewegungen von derjenigen Richtung, welche ihnen die sich darin spiegelnde Sonnenbewegung anweist, zunehmen. Diese Abweichungen dürfen aber in der Nähe des Zentralpunktes nicht leicht 90° erreichen, da die wahre Eigenbewegung der Sterne hier nicht leicht größer sein kann, als die scheinbare, welche ihnen durch die Bewegung der Sonne mitgeteilt wird.

Diese Bedingungen sind es, welche über den Ort des himmlischen Schwerpunktes entscheiden. Mädler hat, wie schon erwähnt, über 3000 Sterne des Bradleyschen Verzeichnisses zu diesem Zwecke untersucht, und die einzige Gegend des Himmels, für welche sie sich in befriedigender, ja überraschender Weise erfüllten, ist nach seiner Meinung die Gruppe der Plejaden im Sternbilde des Stieres.

Die Abweichung von der durch den alleinigen Einfluß der Sonnenbewegung vorgeschriebenen Richtung beträgt für den Hauptstern der Plejaden, die Alcyone, nicht mehr als 0,23″. Die Größe dieser Abweichungen, wie die Stärke der Eigenbewegungen überhaupt, wächst bis auf einen Abstand von 60° von der Alcyone in unverkennbarer Weise, und endlich kommen Abweichungen von mehr als 90° in der Nähe der Plejaden nur in so geringer Zahl vor, daß für die bisher beobachteten Sterne diese Fälle in einem Abstande von 10° nur 3, in einem Abstande von 30° nur 21 Prozent erreichen.

Die Gruppe der Plejaden also wäre es, in welcher wir nach Mädler den Schwerpunkt unsrer Sternwelt suchen müssen. Diese glänzende, fast 500 Sterne umfassende Sterngruppe, zu der schon das früheste Altertum mit ahnender Bewunderung aufschaute, wäre der Bewegungsmittelpunkt für alle die Millionen Sonnen, welche unser Fixsternsystem bilden. Alcyone, der optische Mittelpunkt dieser Gruppe, vielleicht auch der physische, da sie den theoretischen Bedingungen am vollkommensten entspricht, hätte sonach ein Recht auf den stolzen Namen der Zentralsonne, wenn ein solcher Name überhaupt noch eine Bedeutung hat in dieser republikanischen Weltordnung. Jedenfalls erlangt sie dieses Herrscherrecht nicht durch ihre Masse; wie wäre auch ein Massenübergewicht gegenüber Millionen von Sternen zu denken! Vielleicht ist es nur die große Zahl der in diese Gruppe zusammengedrängten Sterne, welche den Schwankungen des Schwerpunktes Grenzen setzt, und die Masse der Plejaden gerade nur groß genug, um den Schwerpunkt auf ihr Gebiet zu bannen. Alcyone ist ein Stern wie alle Sterne, dem gleichen Naturgesetz unterworfen, das unsrer Sonne die Herrschaft über ihr Planetensystem verlieh!

Vor allem sehen wir uns unsre Sonnenbahn von diesem veränderten Standpunkte an! Ihre Kreisform müssen wir aufgeben. Das geht aus dem Abstande jenes Punktes im Herkules, auf den unsre Sonnenbewegung gerichtet ist, von dem gefundenen Schwerpunkte hervor. Denn dieser Abstand beträgt nicht 90°, wie es die Annahme einer Kreisbahn fordert, sondern $111\frac{1}{2}$°, deutet also auf eine ziemlich starke Exzentrizität hin. Sodann müssen wir der Ebene der Sonnenbahn eine sehr bedeutende Neigung gegen die Ebene unsrer Ekliptik zuschreiben. Dazu nötigt uns die fast senkrecht gegen die Ekliptik gerichtete scheinbare Bewegung der Plejadengruppe. Ebensowenig dürfen wir an ein sehr nahes Zusammenfallen der Ebene der Sonnenbahn mit der Ebene der Milchstraße denken. Auch werden wir überhaupt nicht leicht irgend eine solche gemeinsame Grundebene für die Bahnen der einzelnen Fixsterne auffinden, wie wir sie an unsrer Ekliptik für die Bahnen der Planeten in unsrem Sonnensystem hatten und wie die Fixsternhaufen sie in der Ebene der Milchstraße besitzen. Die Fixsterne unsres Systems scheinen vielmehr gleich den Kometen nach allen Richtungen hin durch den Raum zu schweifen. Die Bahnbewegung unsrer Sonne lernen wir an der scheinbaren Eigenbewegung der Plejaden kennen, in der sie sich fast unentstellt widerspiegelt. Die Eigenbewegung der Alcyone beträgt aber jährlich 0,0471 Sekunden, die durchschnittliche der Plejaden überhaupt 0,0582 Sekunden. Nehmen

wir diese Bewegung für die mittlere Bewegung unsrer Sonne, so können wir daraus leicht die Zeit berechnen, welche die Sonne gebraucht, um ihre ganze Bahn zu durchlaufen. Wir erhalten aus der ersten Zahl fast 28, aus der zweiten 22¼ Millionen Jahre. Da ist unser Erdenjahr freilich nur ein Augenblick in diesem langen Jahre der Sonne!

Aber wir wollen auch messen! Wir wollen vor allen Dingen den Raum durchmessen, der uns von dem gemeinsamen Schwerpunkt, von der sogenannten Zentralsonne trennt! Dazu bedürfte es nun freilich zunächst einer Kenntnis von der Parallaxe der Alcyone. Aber eine solche besitzen wir nicht. Mädler versuchte daher auf indirektem Wege, durch Schlüsse und Rechnung zu erlangen, was die Beobachtung noch versagt.

Die Eigenbewegung der Alcyone oder vielmehr die darin abgespiegelte der Sonne, das ist die einzige Thatsache, auf welche wir unsre Schlüsse gründen sollen. Wir wissen also nur, unter welchem Winkel, von der Alcyone gesehen, die jährliche Fortbewegung der Sonne erscheint. Kennten wir auch die wirkliche Größe dieser Bewegung, vermöchten wir sie in Erdbahnhalbmessern auszudrücken, so könnten wir rückwärts schließen, unter welchem Winkel uns ein solcher Erdbahnhalbmesser, von der Alcyone gesehen, erscheinen würde, und das wäre ja die Parallaxe der Alcyone. Wir müssen also zuvor auf andrem Wege eine Kenntnis von der wahren jährlichen Sonnenbewegung zu erlangen suchen. Dies wird uns gelingen, wenn wir von einem Stern aus, dessen wahren Abstand von der Sonne wir kennen, die jährliche Winkelbewegung der Sonne zu messen vermögen. Ein solcher Stern wäre nun etwa der bekannte 61ste im Schwan. Seine Parallaxe ist uns bekannt; sie beträgt 0,5 Sekunden. Er eignet sich überdies besonders zu unserm Zwecke, da wir aus seinem scheinbaren Abstande von den Plejaden auf einen nahezu dem unsrer Sonne gleichen wirklichen Abstand von den Plejaden schließen, also auch die wirkliche Fortbewegung dieses Sternes der unsrer Sonne ziemlich gleich setzen können. Die jährliche Eigenbewegung des 61sten Sternes im Schwan, welche die Beobachtung zu 5,221 Sekunden angibt, würden wir für die unsrer Sonne annehmen können, wenn sie nicht durch unsre Stellung zu diesem Sterne wie durch eigne Fortbewegung notwendig bedeutend verkürzt und entstellt erscheinen müßte. Die wahre Winkelbewegung der Sonne aber verlangt eine Beobachtung in gerader Richtung zum Mittelpunkte der Bewegung. Es ist nun in der That möglich, durch Rechnung den 61sten Stern des Schwanes in eine solche Richtung zu verschieben und die wirkliche Winkelbewegung der Sonne, in dem Abstande dieses Sternes gesehen, zu ermitteln. Die Größe dieser Bewegung beträgt 4,4151 Sekunden. Das Verhältnis dieser Winkelbewegung zur Parallaxe des Sternes ergibt uns die wahre jährliche Fortbewegung der Sonne, in Erdbahnhalbmessern ausgedrückt. Wir erhalten dafür 9 Erdbahnhalbmesser oder 180 Millionen Meilen. Die Eigenbewegung der Plejaden haben wir aber als die treue Abspiegelung dieser Sonnenbewegung erkannt, und der kleine Winkel von 0,0582 Sekunden, den wir dafür maßen, gibt uns damit den Winkel an, unter welchem jene 9 Erdbahnhalbmesser in der Entfernung der Ple-

jaden gesehen werden. Die Eigenbewegung der Plejaden entspricht also der 9fachen Parallaxe dieser Sterngruppe, und die Parallaxe selbst berechnet sich daraus auf 0,0065 Sekunden. Eine solche Parallaxe aber ergibt eine wirkliche Entfernung von 32 Millionen Sonnenweiten oder 640 Billionen Meilen, eine Entfernung, die das Licht in 500 Jahren durchläuft.

Ich habe hiermit nun die Ergebnisse, zu welchen Mädler über den Bau unsers Fixsternsystemes gelangt ist, in Kürze mitgeteilt. Ich darf jedoch nicht verschweigen, daß, so geistreich auch immer die Kombinationen sein mögen, durch welche dieser sehr verdienstvolle Astronom zu seinen Resultaten gelangte, dennoch diese letzteren keineswegs den Beifall der übrigen Himmelsforscher gefunden haben. Schon Kowalsky hat gezeigt, daß das von Mädler gefundene Verhalten der Eigenbewegungen sich für alle in der Nähe der Milchstraße gelegenen Punkte in ähnlicher Weise zeigen muß, und daß die Zone, welche die kleinsten Eigenbewegungen enthält, sehr nahe mit dem Gürtel der Milchstraße zusammenfällt, während die stärksten Bewegungen näher den Polen derselben vorkommen. Auch die Annahme Mädlers über die Stellung der Milchstraße zu unserm Sternsysteme ist unrichtig. Ich habe die Anschauungen dieses Astronomen über den Bau der Milchstraße nicht mitgeteilt, weil es mir in der That völlig unzulässig erscheint, mehrere konzentrische Ringe von Sternen anzunehmen, die miteinander durch lange Säulen von einzelnen Sonnen, wie durch Stäbe verbunden sein sollen. Dennoch spielt diese Annahme eine wichtige Rolle in der Mädlerschen Fixsternwelt.

Über den Kausalnexus innerhalb unsres Fixsternhaufens ist zur Zeit etwas Sicheres noch nicht gegründet; es gehören dazu Beobachtungen, die sich über ungeheuere Zeiträume verteilen, und solche stehen uns heute noch nicht zu Gebote. Überhaupt dürfen wir nicht vergessen, daß unser Forschen und Wissen seiner Natur nach sehr beschränkt ist und auch stets bleiben wird. Zwar liegt es in des Menschen Gemüt, unaufhaltsam vorwärts zu drängen und sich im Geiste, wenn möglich, auf den letzten Stern zu schwingen, um von höchster Höhe die Anordnung des Weltalls zu überschauen, aber so echt menschlich auch dieses Streben sein mag, so darf man doch niemals übersehen, daß da, wo es sich um den Bau ganzer Sternsysteme handelt, unserm wissenschaftlichen Forschen eine Schranke gezogen ist. Dagegen hat es die Spektralanalyse, die wir bereits mehrere Mal hilfreich eingreifen sahen, möglich gemacht, das Fixsternreich von einem andern Gesichtspunkte aus zu untersuchen, nämlich von dem Gesichtspunkte der physischen Konstitution und der chemischen Zusammensetzungen seiner einzelnen Sonnen. Zuerst Huggins, dann Secchi und zuletzt Vogel haben auf diesem Gebiete wichtige Resultate errungen. Schon Rutherfurd kam durch Beobachtung vieler Sternspektra auf die Idee, daß sich dieselben in drei Gruppen bringen lassen, allein Secchi erst verfolgte diesen Gedanken weiter und unterschied gestützt auf sehr zahlreiche eigne Beobachtungen vier verschiedene Fixstern-Typen. Später ist Prof. Vogel zu einer etwas abweichenden Klassifikation gekommen, wobei er drei Typen festhält. Er hat ferner die Ergebnisse seiner Untersuchungen unter allgemeine Gesichtspunkte gebracht; ich will hier dieselben mit seinen eigenen Worten mitteilen. Er sagt:

„Die einzige rationelle Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren dürfte erhalten werden, wenn man von dem Gesichtspunkte ausgeht, daß sich im allgemeinen in den Spektren die Entwickelungsphase der betreffenden Weltkörper abspiegele. Es lassen sich dann drei ganz vorzüglich geschiedene Klassen aufstellen, nämlich:

1. Sterne, deren Glühzustand ein so beträchtlicher ist, daß die in ihren Atmosphären enthaltenen Metalldämpfe nur eine überaus geringe Absorption ausüben können, so daß entweder keine oder nur äußerst zarte Linien im Spektrum zu erkennen sind. (Hierher gehören die weißen Sterne.)

2. Sterne, bei denen ähnlich, wie bei unsrer Sonne, die in den sie umgebenden Atmosphären enthaltenen Metalle sich durch kräftige Absorptionslinien im Spektrum kundgeben (gelbe Sterne), und endlich:

3. Sterne, deren Glühhitze so weit erniedrigt ist, daß Assoziationen der Stoffe, welche ihre Atmosphären bilden, eintreten können, welche, wie neuere Untersuchungen ergeben haben, stets durch mehr oder weniger breite Absorptionsstreifen charakterisiert sind (rote Sterne)."

Zur ersten Klasse gehören u. a. Sirius, Wega, β, γ, δ, ε im Orion und die Sterne, in denen die Wasserstofflinien hell erscheinen, und außer diesen die Linie D_3 ebenfalls hell sichtbar ist, nämlich β in der Leyer und γ in der Kassiopeja.

Zur zweiten Klasse gehören neben unsrer Sonne Kapella, Arktur, Aldebaran.

Zur dritten Klasse endlich α im Herkules, α im Orion, β im Pegasus und viele rote Sterne, besonders veränderliche.

Neben den bisher genannten Forschern hat sich auch d'Arrest um die spektroskopische Durchforschung des Himmels große Verdienste erworben. Unter 11 000 von ihm untersuchten Sternspektren fand er nur 5 neue, welche dem vierten von Secchi aufgestellten Typus angehörten. Dagegen fanden sich ausgezeichnete Spektra des dritten Typus zahlreich und in allen Richtungen über den Himmel zerstreut. Jener vierte Sterntypus, dessen Spektrum durch drei helle Banden charakterisiert wird, ist übrigens nur bei einigen lichtschwachen Sternen bisher gefunden worden und wie es scheint, an intensiv rote und orange Färbung der Sterne geknüpft. Wie dieser Typus in bezug auf die Entwickelungsphase der betreffenden Sterne zu deuten sei, ist jetzt noch nicht zu entscheiden, zumal eine gründliche Durchmusterung des südlichen Himmels in spektroskopischer Beziehung gegenwärtig noch ein frommer Wunsch ist.

Wir sehen, die Wissenschaft führt uns hier auf das dunkle Gebiet des Werdens und Vergehens ferner Sonnen, sie zeigt uns, vorerst noch im Dämmerlichte, die verschiedenen Entwickelungsphasen der einzelnen Glieder unsres Sternhaufens.

Jetzt aber treten wir an die Grenzen unsres Fixsternhimmels! Ein neuer unabsehbarer Ozean thut sich vor uns auf. Es war nur eine kleine Insel, auf der wir weilten, eine kleine Insel dieses gewaltigen, Millionen Welten umfassenden Reiches. Drüben über den dunklen Fluten des Ozeans des Raumes schimmern uns die Küsten neuer zahlloser Inseln entgegen.



Spiral-Nebel im Cepheus, nach Rosse. (Vgl. S. 482.)

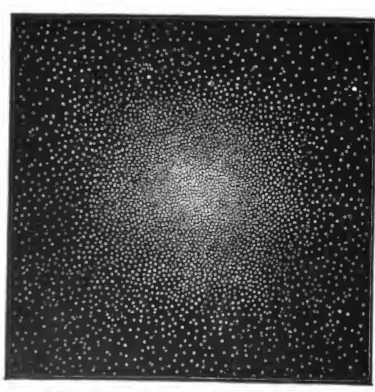
Siebentes Kapitel.

Die Nebelflecken und die Nebelsterne.

Mit reinen Saiten wag' empor zu bringen,
Du wirst der Sphären ew'ge Lieder singen.

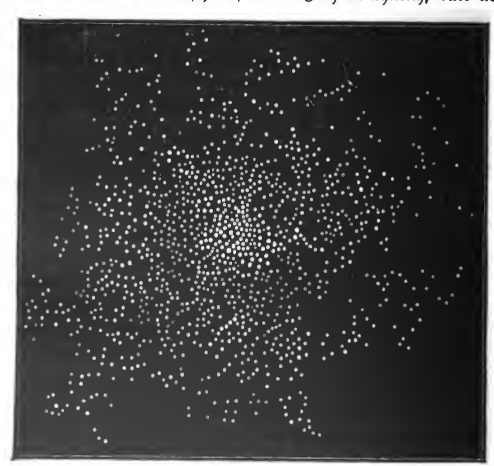
Tiefdunkle Nacht umgibt uns. Da taucht am fernen Himmelsgrunde ein schimmerndes Wölkchen auf, jenen zarten, weißlichen Nebelflocken gleich, wie sie bisweilen über den klarblauen Sommerhimmel hinschweben. Das Nebelwölkchen wird allmählich lichter, es entfaltet sich zu glänzenden Streifen und funkelnden Sternchen, bis es einem wunderbar gestalteten Diadem voll prächtig schimmernder Edelsteine gleicht. Es erinnert uns an die schönen Sterngruppen der Plejaden, der Hyaden, des Haares der Berenice, nur sind die Lichtpunkte hier dichter, reicher. An ein Zählen ist gar nicht zu denken. Auf einem kreisförmigen Raume von 8 Minuten Durchmesser, kaum dem fünfzehnten Teile der Vollmondscheibe gleich, von der Erde gesehen, zeigen sich mehr als 20000 glänzende Sterne zusammengedrängt. Solche Sternhaufen, wie wir sie umstehend im Sternbilde des Centauren und im Sternbilde des Wassermanns sehen, sind zahllos über den ganzen Himmel verbreitet, oft einem Haufen Goldsand gleichend, bisweilen in der Mitte von einem größeren, herrlich gefärbten Sterne, wie dem Rubin oder Smaragd in einem Diadem, geschmückt. Freilich auch kleinere, gröber zerstreute Sternhaufen werden wir am Himmel antreffen, ja wir können dieselben mit bloßem Auge erkennen, wie die Sterngruppe im Perseus (S. 476 ob.), oder mittels eines Operngucker in Sterne auflösen, wie bei der bekannten „Krippe" im Krebse (S. 476 unt.).

Diese kleinen, wenig gehaltreichen Sterngruppen stehen im Raume verhältnismäßig sehr nahe, doch sind sie immer um viele Billionen Meilen von der Sonne entfernt.

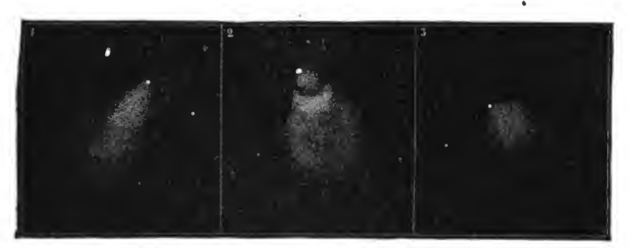


Sternhaufen im Centauren, nach J. Herschel.

Getragen von den geistigen Schwingen, die uns geliehen, sind wir in diese Fernen vorgedrungen, ist es uns gelungen, die schimmernden Nebel in Sterne aufzulösen, und Sterne sind Welten! Der Astronom vollbrachte dieses Werk durch die Macht seiner Fernrohre; er zog die Wunder des Himmels zur Erde nieder und beraubte sie gewaltsam ihres verhüllenden Schleiers. Aber nicht immer vermag das Fernrohr den Zauberschleier zu zerreißen, den Nebel in Sterne aufzulösen. Seltsame Gestalten lockt es oft aus den Tiefen des Himmels herauf, bald runden Scheiben oder Ringen, bald langgestreckten Kometenschweifen und Fächern ähnlich, bald über viele Vollmondbreiten ausgedehnt, bald in einen einzigen Punkt zusammengedrängt — und alles nur schimmerndes Licht, verschwimmender Nebel, nirgends ein einzelner Stern unterscheidbar! Man weiß, wie einst die Geisterbeschwörer für verschiedene Klassen der Geister Zaubermittel und Beschwörungsformeln von verschiedenen Graden und Wirkungen bereit hielten. Ebenso wußten auch die Astronomen jenen abenteuerlichen Gestalten mit immer stärkeren Waffen zu Leibe zu gehen.



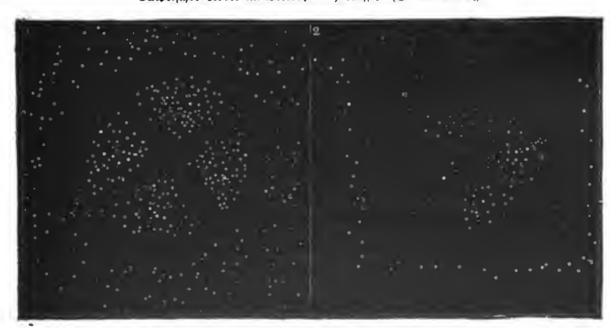
Sternhaufen im Wassermann.



Kometarische Nebel, nach J. Herschel und Rosse (vgl. S. 478.)



Elliptischer Nebel im Löwen, nach Rosse. (S. 478 unten.)



Sternhaufen von eigentümlicher Form, nach J. Herschel.

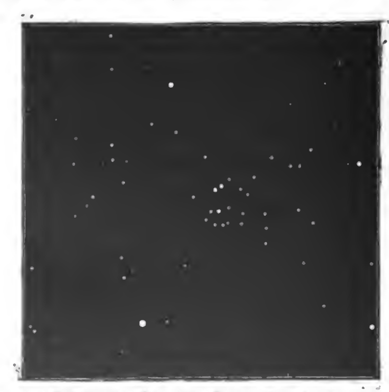
Lord Rosse richtete sein gewaltiges 53fußiges Teleskop gegen sie, und die wunderlichen Formen schwanden, die regelmäßigen Umrisse der Kreise, Ringe, Fächer, Kreuze, mit denen die geschäftige Phantasie bereits den Himmel bevölkert hatte, verschwammen in regellose Streifen und flockige Wolken. Schon William Herschel hat eine Menge von Nebelflecken entdeckt, die sich in seinen großen Teleskopen in Haufen zahlloser Sterne auflösten; noch mehrere hat später sein Sohn John Herschel beobachtet und gezeichnet. Es sind merkwürdige Gebilde darunter, wie z. B. jener Sternhaufen im Tucan des Südhimmels, den wir bereits früher in treuer Nachbildung gesehen haben. (S. 458.)



Sterngruppe im Perseus. (S. 473 unten.)

Bei vielen kommen sehr merkwürdige Anordnungen der einzelnen Sterne in solchen Sternhaufen vor, und auch hiervon will ich noch ein paar Beispiele in getreuen Nachbildungen vorlegen (vgl. S. 475).

Aber alle jene nebelhaft schimmernden Welten lösten sich selbst durch Rosses Riesenteleskop nicht in Sterne auf; viele blieben Nebel, weil sie, wie uns die Spektralanalyse zeigt, in der That glühende Nebelmassen sind! — Betrachten wir nun einzelne dieser merkwürdigen Gebilde etwas genauer. Bei manchen finden wir ziemlich regelmäßige Figuren, Kreise oder Ellipsen, und symmetrisch zu denselben findet man kleine Sterne. Eine Auswahl solcher Objekte sehen wir S. 475 bildlich zusammengestellt. Ich glaube, daß man schon aus dem Anblicke dieser Nachbildungen mit einiger Wahrscheinlichkeit schließen kann, die Stellung jener Sterne sei keine zufällige, sondern stehe in einer ursächlichen Beziehung zu dem Nebel selbst; doch will ich nicht verhehlen, daß J. Herschel kein besonderer Zeichner war und seine Abbildungen nur als rohe Annäherungen zu betrachten sind.

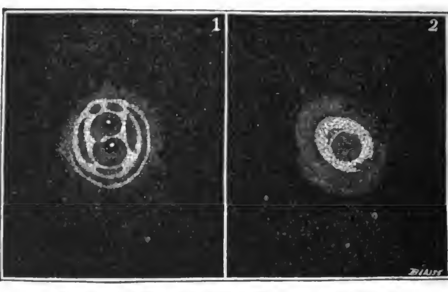


Sterngruppe „Krippe“ im Krebs. (S. 473 unten.)



Ansicht von Sternhaufen, nach Zeichnungen von J. Herschel. 1. In der Wage; 2. im Herkules; 3. im Steinbock; 4. im Wassermann; 5. im Ophiuchus; 6. in den Zwillingen.

Eine sehr merkwürdige Klasse von Nebeln sind die sogenannten kometarischen Nebel, weil sie in ihrem Aussehen eine gewisse Ähnlichkeit mit unsern Kometen zeigen. Man sehe die Abbildung auf S. 475 oben, mit Sternnebeln 1. aus dem Eridanus, 2. aus dem Einhorn, 3. aus dem großen Bär.



Planetarische Nebel, nach Lord Rosse. 1. Im großen Bär; 2. in der Andromeda.

Auch bei ihnen zeigt sich bisweilen ein Stern in charakteristischer Stellung meist an dem einen Endpunkte. Ein interessantes Gebilde dieser Art ist ein Nebel im Schiffe, von welchem J. Herschel eine Abbildung gegeben hat, die wir auf S. 480 oben treu nachgebildet vor uns sehen.

Jener Nebel (S. 475 Mitte) im Sternbilde des großen Löwen, den ein gutes Fernrohr uns als einen langgezognen elliptischen Nebel mit hellem Kern zeigen würde, nimmt jetzt ein flockiges, fast spiralförmig gewundenes Aussehen an. Rosses Riesenteleskop löst sein Zentrum in elliptische Schichten auf.



Nebel im Stier, nach Lord Rosse. (S. 480.)

Ein andrer merkwürdiger Nebel befindet sich im Sternbild „Fuchs". Sir John Herschel hat ihn unter dem Namen Dumb-Bell-Nebel beschrieben und gezeichnet (S. 479).

Lord Rosses mächtigeres Teleskop zeigt diesen Nebel dagegen in einer wesentlich veränderten Gestalt.

Dumb-Bell-Nebel im „Fuchs“, nach J. Herschel. (S. 478 unten.)



Omega-Nebel nach John Herschel. (S 480.)

Wir sehen hier eine Menge einzelner Lichtpunkte, und Rosse hat sie in der That für Fixsterne, den ganzen Nebel also für einen wahren Sternhaufen gehalten. Die Spektralanalyse wies aber nach, daß wir es hier mit einem glühenden Gase zu thun haben, das im Spektroskope eine der Stickstofflinien zeigt. Jene hellen Punkte sind also keine eigentlichen Fixsterne, sondern Nebelbälle.

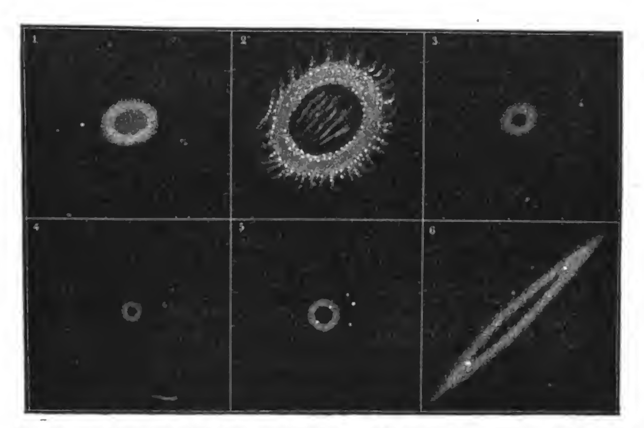
Sternnebel im Schiff, nach J. Herschel. (S. 478.)

Im Sternbilde des Sobieskischen Schildes befindet sich ein merkwürdig gewundener Nebel, der wegen seiner Ähnlichkeit mit einem griechischen Buchstaben (Ω) von John Herschel den Namen Omega-Nebel erhalten hat. Die einzelnen Teile sind von ungleicher Helligkeit; vielleicht projizieren sich hier mehrere Nebel für unsern Blick aufeinander. An andern Orten des Himmels werden wir eigentümliche, unsern Planetenscheiben ähnliche, kleine Nebel, kreisförmige, scharfbegrenzte Scheiben mit gleichmäßigem Lichte erblicken. Wir sehen S. 483 oben drei davon, nach Zeichnung des jüngern Herschel; der erste befindet sich im Sternbild des großen Löwen, der zweite in den Fischen, der dritte in der Andromeda.



Nebel in den Jagdhunden, nach J. Herschel.

Einige planetarische Nebel haben sich bei der Untersuchung in Rosses Teleskop als sehr kompliziert erwiesen, wie wir dies aus Figur S. 478 ob. ersehen können. Ähnliches widerfährt jenen runden Nebelmassen, die bisweilen, wie im Sternbilde des Stiers (S. 478) hellglänzende Fixsterne umgeben, oder mehrere Sterne, ja ganze Sterngruppen umfließen, oder wie lange schmale Bänder zu einem Ganzen verknüpfen. Endlich erblicken wir unter diesen seltsamen Gestalten des Himmels auch ringförmige Nebel. Wie ein über einen Reifen gespannter duftiger Schleier erscheint ein solcher im Sternbilde der Leyer, wie ein feiner hohler Nebelstrahl ein andrer in der Andromeda. In dem Sternbilde der Jagdhunde sehen wir einen runden lichten Kern von einem konzentrischen, zum Teil doppelten Nebelringe umgeben.



Ringförmige Nebel: in der Leyer (1 nach Herschel, 2 nach Rosse); im Schwan (3); im Ophiuchus (4), im Skorpion (5); bei Gamma in der Andromeda (6).



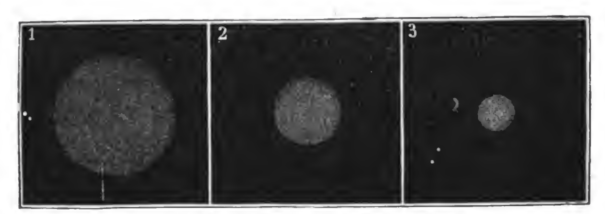
Spiralförmiger Nebel in der Jungfrau, nach Rosse.

Aber auch diese Wunder, in denen die Phantasie bereits Abbilder oder Urbilder des Saturnringes erkennen wollte, hat das Rossesche Teleskop zerstört, indem es jenen in ungemein kleine Sterne auflöste, diesen als einen strahligen Kern zeigte, von dem nach allen Richtungen spiralförmige, von kleinen Sternen erfüllte Windungen ausgehen. Solcher Spiralnebel hat Rosse noch mehrere entdeckt. Ich will dem Leser nur noch einen derselben vorführen (S. 473 unt.), dessen Gestalt geradezu abenteuerlich genannt werden kann. Aber auch der Spiralnebel in der Jungfrau, den wir nach Rosses Zeichnung (S. 481 unt.) sehen, deutet darauf, daß in ihm die Materie in den gewaltigsten Revolutionen begriffen sein muß. Es sind Umwälzungen, von denen man sich eine Ahnung machen kann, wenn man bedenkt, daß jeder geschwungene Arm oder Strahl an Länge die Entfernung des Neptun von der Erde weitaus übertreffen muß.

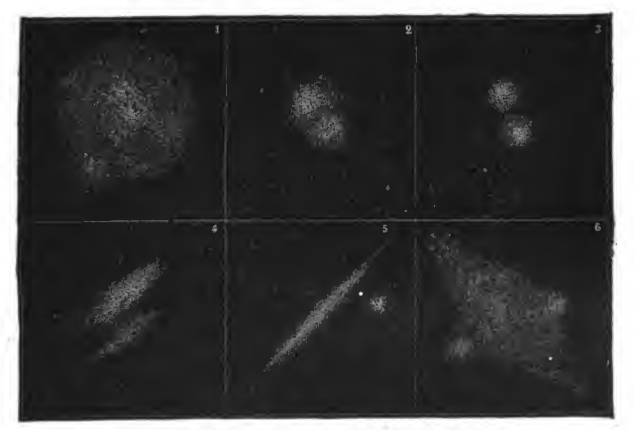
Alle Schönheit und Seltsamkeit dieser Bilder verschwindet aber gegen die Fülle der Wunder, welche der einzige Orionnebel umschließt. Fast in Vollmondgröße breitet er sich in der Nähe der glänzenden Sterne des Jakobsstabes aus, und das bloße Auge erkennt ihn in klarer Sternennacht. In vollem Glanze enthüllt sich seine verborgene Pracht aber erst dem bewaffneten Auge. Diesem entfaltet er, was nur immer Seltsames in Gestaltung und Lichtwechsel gedacht werden mag. Dem geöffneten Rachen eines Tieres verglichen die älteren Astronomen des Orionnebels äußere Gestalt; die geschärfte Kraft des Fernrohres hat dieses Bild bereits verwischt. Während einzelne Stellen gleichsam in beweglichen Flammen lodern, zeigen andre sich in scharfer Begrenzung auf tiefschwarzem Grunde. Auf solch dunklem Grunde bilden in der Mitte des Nebels vier helle Sterne ein fast regelmäßiges Viereck, das sogenannte Trapez. Durch den flockigen Nebel, der dieses Viereck umgibt, blitzen zahlreiche kleine Sterne hervor, und rings um ihn und seine Streifen und Zweige schimmern in düsterem Lichte viele Tausende von Sternchen. Oft glaubte man allerlei seltsame Vorgänge in dieser Nebelwelt zu gewahren und neue Sterne aus der gärenden Weltmaterie sich ballen zu sehen, weil man plötzlich Sterne in ihr entdeckte, die kein Beobachter vorher bemerkt hatte.

Rosses Teleskop hat auch diesen Nebel in Millionen von Lichtflocken aufgelöst, die sich im Spektroskop als Nebelbälle von glühendem Stickstoff und Wasserstoff erwiesen haben.

An den zentralen Teil des Orionnebels, der wie gesagt unter dem Namen Trapez des Orion berühmt geworden, knüpfen sich zahlreiche Beobachtungen. Man kann die vier Sterne mit einem Fernrohre von 60 cm Brennweite deutlich sehen. Der ältere Herschel hat mit seinen gewaltigen Spiegelteleskopen dort niemals mehr als diese vier helleren Sterne wahrgenommen, aber 1826 erblickte W. Struve noch einen fünften, 1832 John Herschel und James South noch einen sechsten lichtschwachen Stern. Andre Beobachter haben außer diesen noch mehrere Sterne im Trapez erkannt, im ganzen werden außer den obengenannten sechs noch sieben andre Trapezsterne aufgeführt. Diesen Wahrnehmungen stehen aber andre diametral entgegen, denn ein Beobachter wie Burnham versichert, er habe mit dem 18 1/2 zolligen Refraktor zu Chicago im Trapez nie mehr als sechs Sterne gesehen.



Planetarische Nebel, nach John Herschel. (Vgl. S. 480 Mitte.)



Mehrfache Nebel nach John Herschel. (Vgl. S. 488 unten.)

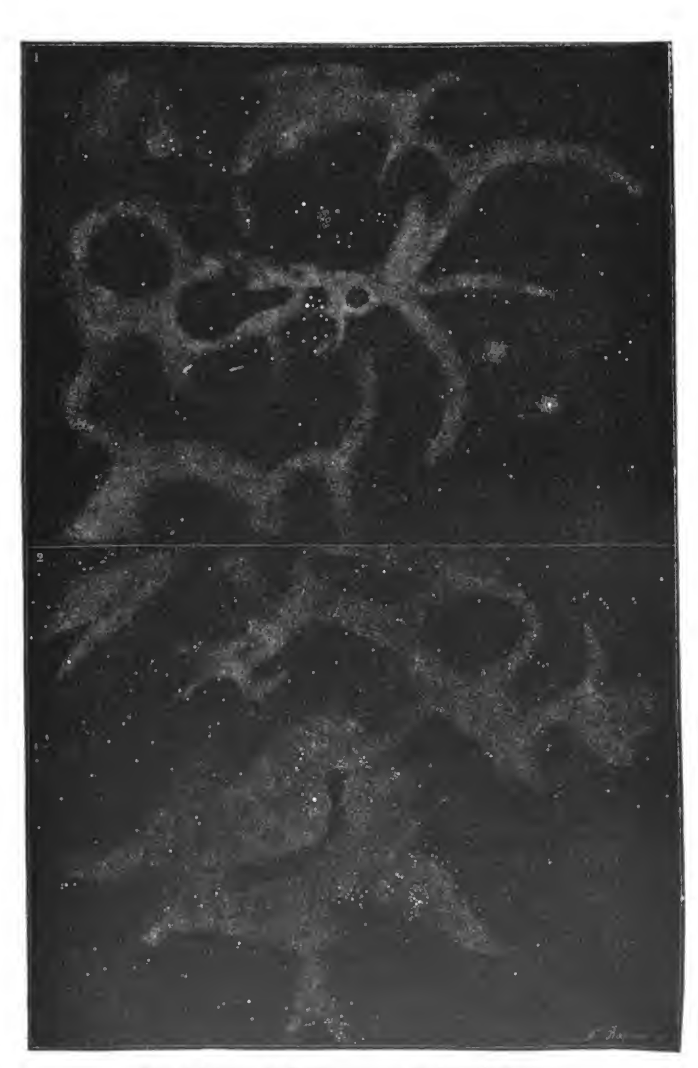

Nebel im Sternbild der Andromeda. (Vgl. S. 487 oben.)

Dies sei geschehen „selbst zu Zeiten, wo der sechste Stern, wäre er doppelt und von nur 1'' Distanz, als solcher nicht hätte übersehen werden können, oder ein Stern, der bloß $^1/_{10}$ seines Lichts besitzt, der Wahrnehmung nicht entgangen wäre". Diesem Ausspruch stimmt Holden bei, der das Trapez sehr häufig am großen Refraktor zu Washington beobachtet hat. Wie soll man solche Widersprüche erklären? Unter denjenigen, welche außer jenen sechs noch andre Trapezsterne sahen, sind Lassell, der Entdecker der inneren Uranusmonde, und Huggins, bei denen man kaum eine Täuschung annehmen möchte. Vielleicht werden von Zeit zu Zeit veränderliche Sterne im Trapez sichtbar, die sonst lange unsichtbar bleiben.



Der hellste Teil des Orionnebels, nach Trouvelot.

Was den Orionnebel selbst anbelangt, so haben sich außer Rosse fast alle Astronomen, die über genügend große Fernrohre verfügen, an diesem merkwürdigsten Objekte versucht. So gab 1837 John Herschel eine Darstellung dieses Nebels, die aber weder schön noch charakteristisch genannt werden kann; im folgenden Jahre publizierte W. C. Bond eine ähnliche Zeichnung, die er mittels des großen Refraktors zu Cambridge erhalten hatte. Die wichtigen Arbeiten Lord Rosses datieren aus den Jahren 1860 bis 1864, doch hat bezüglich der Ausdehnung der Nebelmaterie das Parsonstowner Riesenteleskop nicht erheblich mehr gezeigt, als Bonds Refraktor. Die umfassendsten Arbeiten über den großen Orionnebel hat G. P. Bond in den letzten Jahren seines Lebens geliefert; sie sind 1867 veröffentlicht. Die von ihm gegebene Abbildung, nach welcher unser Bild, Seite 15, hergestellt worden, ist nicht allein in jeder Beziehung die vollkommenste des Orionnebels, sondern überhaupt die beste, die von irgend einem Nebel bis jetzt vorhanden ist.



Nebel im Sternbild des Goldfisch (oben) und bei Eta im Fisch (unten.)

Gerade beim Orionnebel hat sich die Notwendigkeit gezeigt, daß der Beobachter, der es unternimmt, diesen Nebel im Detail zu studieren, ein vorzüglicher Zeichner sein muß, und das waren die meisten Beobachter desselben leider nicht. Die Darstellung des Orionnebels in der großen Arbeit von Bond ist das Endresultat sehr langer Bemühungen, an denen J. W. Watts als Zeichner, dem der große Refraktor in Cambridge zu diesem Zwecke sehr lange zur Disposition stand, den größten Anteil hat. G. P. Bond hat zuerst bei diesem Nebel die spiralförmige Struktur einzelner Teile desselben erkannt.



Nebel im Sternbild der Andromeda, nach G. P. Bond. (Vgl. S. 487).

Es erscheinen darin gekrümmte, schmale Nebelstreifen, von denen oft mehrere sehr nahe von einem Zentrum ausgehen, sich mehr und mehr davon entfernen und durch dunkle Zwischenräume von der übrigen Nebelmasse getrennt sind. Der ganze Nebel dehnt sich auf einem Raum von $3\,^1/_3$ Quadratgraden des Himmels aus, doch konzentriert sich der Hauptnebel, d. h. der überwiegend hellere Teil des ganzen, auf einer Fläche von etwas über $^1/_5$ eines Quadratgrades. In dieser Gegend um die Sterne ϑ, ι und c des Orion herum hat G. P. Bond die Örter von 1101 kleinen, in seinem Refraktor sichtbaren Sternen bestimmt.

Neben dem Orionnebel zieht an dem bei uns sichtbaren Himmel der Nebel der

Andromeda (S. 483 unt. u. 486) die Aufmerksamkeit des Forschers auf sich. Dieser Nebel wurde am 15. September 1612 von Simon Marius entdeckt und mit dem hellen Scheine einer Lampe verglichen, die durch eine dünne Hornplatte gesehen wird. Der Nebel ist 2 ½ Grad lang und hat im breitesten Teile 1 Grad Durchmesser. Messier hat diesen Nebel fleißig beobachtet, aber nie eine Spur von Ungleichförmigkeit, die auf sternige Zusammensetzung deutet, darin erkannt; ebensowenig die beiden Herschel. Erst im März 1848 löste der große Refraktor zu Cambridge den Nebel in zahllose kleine Sterne auf, deren anderthalb tausend gezählt wurden, und zeigte gleichzeitig zwei dunkle Streifen, die fast parallel das Ganze durchziehen und in zwei Hälften trennen (Seite 486.)


Die Magelhaensſche große Wolke.


Die Magelhaensſche kleine Wolke.

Die eigentliche Heimat der Nebel ist der südliche Himmel, derselbe, den das prachtvolle Kreuz, der Sirius und der Kanopus schmücken. Dort in der Nähe des Himmelspoles wird der Blick von einem Lichtglanze gefesselt, der dem Strahlenschimmer der Milchstraße gleichend, sich über einen Raum von 12 Vollmondbreiten im Durchmesser ausbreitet.

Es ist der Abglanz einer wunderbaren Vereinigung von Sternen und Nebelflecken, die man die große Magelhaensſche oder Kapwolke nennt und die schon den Arabern des Mittelalters unter dem Namen des „weißen Ochsen", den sie von ihrer Gestalt entlehnten, bekannt war (S. 487). John Herschel zählt in ihr allein 582 größere Sterne, 291 Nebelflecken und 46 Sternhaufen. Weit unscheinbarer ist die sogenannte kleine Wolke.

Viele Tausende von Nebeln hat die Kraft der Riesenteleskope bereits in dichtgedrängte Sternhaufen aufgelöst und reiche Welten in ihnen kennen gelehrt. Aber immer noch bleiben andre Tausende zurück, die der auflösenden Macht des Fernrohres trotzen, die ihre Nebel- und Wolkengestalt behaupten.

Wenn man mittels des Spektroskops das Licht eines Fixsternes zerlegt, so erhält man, wie wir wissen, ein farbiges Lichtband, in welchem man bei genügender Helligkeit und Dispersion mehrere dunkle Linien erkennt. Anders ist das Spektrum der Nebelflecke, denn es ist auf einige helle Linien reduziert, zum Beweise, daß es von einem leuchtenden und wenig dichten Gase ausstrahlt. Denken wir uns nun einen kleinen, runden planetarischen Nebel in eine größere Entfernung hinausgerückt, so wird er zuletzt auch im stärksten Fernrohre nur noch als schwaches Sternchen erscheinen und von einem kleinen Fixsterne nicht mit Sicherheit unterschieden werden können. Das Spektroskop aber würde in diesem Falle ausreichen, um durch das Auflodern der hellen Linien sogleich die Nebel-Natur des Objekts zu enthüllen. Prof. Pickering zu Cambridge (N. A.) hat dies benutzt, um mit Hilfe des Spektroskops kleine planetarische Nebel aufzusuchen, indem er ein kleines geradsichtiges Spektroskop zwischen Objektiv und Okular des dortigen großen Refraktors einschaltete und bei ruhendem Fernrohre die Sterne durch das Gesichtsfeld des Instruments ziehen ließ. In der That fand er auf dieser Weise mehrere neue planetarische Nebel, die so klein sind, daß sie im Refraktor als Fixsterne erschienen, ja bereits als solche beobachtet worden waren.

Der große William Herschel sah in den Nebelgebilden den leuchtenden Urstoff, aus welchem noch heute die Natur ihre Sonnen und Sonnensysteme schafft. Seiner kühnen Phantasie erschien das ganze Weltall als ein großer Riesengarten, in dem die Welten gleich Blumen und Bäumen nebeneinander keimen, blühen und vergehen. Und wie nicht plötzlich dieser Garten aus dem Nichts hervorging, wie er nur allmählich in ununterbrochenem Bildungsprozesse zu dem ward, was er jetzt ist, so sollten wir darin noch heute alle Stufen der Entwickelung nebeneinander sehen. Hier sind Welten und Weltsysteme im Keimen, durch ähnliche Lichtmassen, in denen aber die Stoffe noch ungeschieden chaotisch gemischt sind, formlos, phantastisch gestaltet und über ungeheure Räume verbreitet; dort ist jener Urnebel bereits zerissen und durch Anziehung an einzelnen Stellen der Anfang zur Verdichtung gemacht. Die Umrisse sind noch unbestimmt und verwaschen, aber das Licht erscheint schon kräftiger. Hier ist die Verdichtung nach einem Punkte hin schon mächtiger vorgeschritten; dort hat sich der Nebel schon zur Kugelform gerundet, und sein heller Mittelpunkt nähert sich bereits dem Sternenlichte. Hier verknüpft ein Nebelband zwei solche Gebilde, als wolle die Natur einen Doppelstern erzeugen; dort zieht kometenartig ein Nebelschweif dem Sterne nach, weil der eine Stern gleichsam im Streit um den Urstoff den andern überwunden hat und nun ihn vernichtet. So währt der Kampf der Entwickelung fort, bis alle Nebel verschwunden sind und die neuen Sonnen im reinsten Lichtglanze strahlen. Man vergleiche die Abbildung auf Seite 483 Mitte, welche uns die Entwickelung verschiedener Nebelformen, im Sternbild der Jungfrau (Nr. 1 und 4), des Haares der Berenice (2 und 5), im Wassermann (3) und in der großen Magelhaensschen Wolke (6) vorführt.

Gewiß ist es ein schönes und erhabenes Spiel der Phantasie, das in solcher Weise Welten sich durch dieselbe anziehende und formende Kraft der Natur im

Großen bilden läßt, wie der Regentropfen, der aus den Wolken fällt, oder die Tauperle, die im Blütenkelche funkelt, sich im Kleinen bildet! Wie die Dunstbläschen des Nebels sich zusammenziehen, verdichten und in Kugeln ballen, um das innere Gleichgewicht herzustellen, und wie sie, von der Schwere gezogen, endlich als Tropfen niederfallen, so bildeten sich vor Myriaden von Jahren aus dem Urnebel des Chaos unsre Erde und die Sonne mit all ihren Planeten und die Milchstraße mit ihren Millionen von Sonnen und die Tausende von Welten in den Räumen der Unendlichkeit; und in der Unendlichkeit sind diese Sonnen nicht größer als die Wassertropfen und die Tauperlen, die eine Sommernacht zu Millionen zaubert.

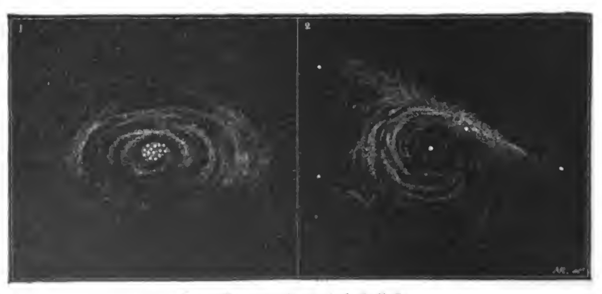
Die Spektralanalyse hat dieser großartigen Ansicht gegenwärtig eine teilweise Unterstützung geliehen, indem sie uns zeigte, daß zwar viele Nebel Sternhaufen sind, zahlreiche andre aber aus leuchtendem Dunste bestehen. Nur läßt sich daraus kein Schluß ziehen, ob die Nebel, welche glühende Gasmasse sind, den Anfang oder das Ende eines Weltenbildungsprozesses bezeichnen. Wilhelm Herschel setzte sie, wie uns bekannt ist, an den Anfang, allein die Wahrnehmung, daß der neue Stern im Schwan, dessen ich früher gedacht, zuletzt ein Spektrum zeigte, welches von demjenigen der planetarischen Nebel sich in nichts unterschied, läßt die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sein, daß auch Nebel aus der Auflösung oder, um wissenschaftlich richtiger zu sprechen, aus gewissen Veränderungen, die bei einzelnen Fixsternen stattfanden, entstehen. Welche Perspektiven eröffnen sich hier dem denkenden Geiste! Erheben wir uns auf den Schwingen des Gedankens über die Ebene der Milchstraße. Die verlassene Welt unsres Sternhaufens erscheint uns als runde glänzende Scheibe, der zunehmenden Dicke wegen in der Mitte heller leuchtend. Aber kein Auge würde in diesem Schimmer noch einzelne Sterne erkennen, und ein starkes Fernrohr nur würde die einzelnen leuchtenden Pünktchen unterscheiden. In hundertfach größerer Entfernung werden wir nur noch den matten Schimmer eines Nebelfleckes gewahren, und kein Teleskop würde ihn noch in Sterne aufzulösen vermögen. Ein Blick durch das Spektroskop aber würde uns sagen: Hier ist kein wirklicher Nebel, sondern hier ist ein Sternhaufen, ein Fixsternsystem, dessen einzelne Glieder wegen ihrer großen Entfernung nicht mehr zu unterscheiden sind. Wir sehen, das Spektroskop ist eine Sonde, die auch da noch Aufschluß verschafft, wo alle übrigen Hilfsmittel uns im Stiche lassen.

In der kleinen Weltordnung unsres Sonnensystemes sehen wir darum die einzelnen Glieder mindestens durch Räume voneinander getrennt, welche hundertmal ihre Durchmesser übertreffen. Sind wir nun berechtigt, vom Kleinen auf das Große zu schließen, so dürfen wir ähnliche Zwischenräume auch für die einzelnen, zu einer großen Gesamtordnung vereinigten Weltsysteme annehmen. Sollte nun eine solche Ordnung auch für den großen Zusammenhang jener nebelhaft schimmernden Weltensysteme gelten? Wenn auch sie unsrer Fixsternwelt gleichen, wenn auch sie immer wieder durch ähnliche Räume von den Nachbarwelten getrennt sind, welches Maß ergibt sich dann für diese entlegensten Weiten!

Wir sind in der That hier an den Grenzen — nicht des Universums, aber

unsres Wissens angelangt. Aber auch in diesen Grenzen, wo die Zahlen selbst den Dienst versagen, auch in dieser Unermeßlichkeit, wo Riesenwelten zu Punkten schwinden, besteht die Ordnung ewigen Gesetzes. Auch jene Welten in den Tiefen des Raumes ordnen sich wohl zu einem andern großen Systeme, und dasselbe Naturgesetz, welches den Mond um die Erde, die Planeten und Kometen um die Sonne, die Millionen Sonnen um ihre Zentren bewegt, führt auch die Weltensysteme um ihr Zentralsystem auf vorgeschriebenen Bahnen und in gemessenen Zeiten. Wo die Anziehung Körper verknüpft, da gibt es einen Schwerpunkt, und ob dieser in einer überwiegenden Masse, in einer Sonne liegt, oder ob er zwischen Tausenden gleichwirkender Massen, ein Gedanke im Raume, schwebt: immer ist er das Symbol des Ewigen in dem Wechselnden und Zufälligen, der Vernunft in den scheinbar toten Massen. — —

Wir standen an den Grenzen, an welchen der Menschengeist für Jahrhunderte, vielleicht für immer, seine Schritte gehemmt sehen wird! Wir blickten in eine Geschichte, gegen welche die menschliche gleich einer Sekunde verrinnt. Die Sehnsucht nach der Heimat regt sich wieder. Wohlan, derselbe Gedanke, der uns Sternsysteme zu kleinen Inseln, Sonnensysteme zu Punkten zusammenschmelzen ließ, derselbe Gedanke kann uns auch diese Punkte wieder erweitern und aus der dunklen Tiefe die freundliche Heimat heraufzaubern!



Spiralförmige Nebel, nach Lord Rosse.
(Links: im Sternbild des „Löwen“; rechts: im „Pegasus“.)



Sonnenuntergang im Berglande.

Schluß.

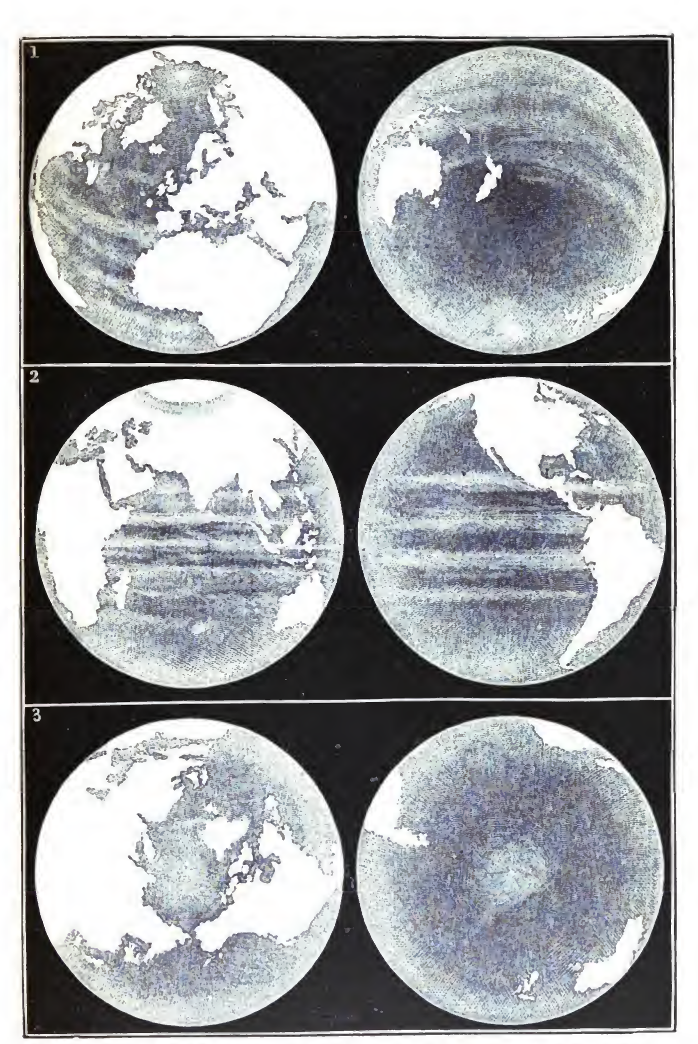
Rückkehr zur Erde.

Unser Ausflug in die Himmelsräume ist beendigt. Wir haben die Wunder der Welt nun alle kennen gelernt. Versetzen wir uns jetzt noch einmal zurück in die Zeit, ehe wir unsre lange, geistige Wanderung unternahmen. Wie trüb, wie eng war damals unser Blick, wie wenig begriffen wir, daß man am Himmel lesen könne! Wir haben seitdem sehen gelernt, unser Auge, unsre Anschauung, unser Gedankenkreis hat sich erweitert. Welche Fülle von Erfahrungen und Erlebnissen liegt zwischen damals und heute! Mit dem erweiterten Blicke wird man mir nicht die Frage entgegenhalten: Welchen Nutzen gewährt die Sternkunde? Welchen Vorteil hat der Mensch davon, zu wissen, wie das Sonnensystem eingerichtet ist, in welchen Entfernungen die Fixsterne sich befinden oder welche stoffliche Zusammensetzung die Nebelflecke haben? Aber diese Fragen sind doch häufig und sogar von sonst gebildeten Personen aufgeworfen worden, und gerade deshalb, sowie aus dem ferneren Grunde, weil sie uns auf einige mit der Astronomie in enger Beziehung stehende Probleme leiten, über die zu sprechen ich bis jetzt keine Gelegenheit hatte, will ich hier näher darauf eingehen.

Allerdings gewährt die Astronomie keinen direkt in Mark oder Pfund Sterling auszurechnenden Nutzen; sie befindet sich in dieser Hinsicht nicht besser und nicht schlimmer daran als die Paläontologie oder die Ethnographie, die Malerei, die Skulptur und die Musik. Aber dies wird auch von einer Wissenschaft in

erster Linie ebensowenig verlangt, wie von der Kunst; beide dienen zunächst der Ausbildung des menschlichen Geistes, sie haben einen edleren Zweck als den der Befriedigung der niedrigen Triebe und Bedürfnisse des alltäglichen Lebens. Indes gewährt die Astronomie von einer gewissen Stufe der Ausbildung an allerdings auch einigen praktischen Nutzen. Sie ist es z. B., die uns die genaue Zeitrechnung bietet; ohne sie würde die Jahresdauer, wie einst im alten Rom, von den Launen und Interessen bestimmter Personen abhängen. Von der genauen Bestimmung der Jahresdauer hängt die sichere Bestimmung der Zeitrechnung ab. Wir, die wir von Jugend auf an ein geordnetes Kalenderwesen gewöhnt sind, denken fast niemals an die großen Übelstände, mit welchen die Alten, die sich solcher Einrichtung nicht zu erfreuen hatten, kämpfen mußten. So bestand z. B. ursprünglich das Jahr der Römer abwechselnd aus 12 und 13 Monaten, je nachdem die Oberpriester es für gut fanden, und niemand konnte und durfte sie hierin kontrollieren. Als Julius Cäsar mit Hilfe des Astronomen Sosigenes das Kalenderwesen zu ordnen begann, fand er die ganze Jahresrechnung in größter Unordnung vor. Er bestimmte, daß künftighin das bürgerliche Jahr aus 365 Tagen bestehen und nach je 3 Jahren ein Schaltjahr von 366 Tagen folgen sollte. Nach Cäsars Ermordung (am 15. März des Jahres 44 v. Chr.) hielten sich indes die Priester nicht genau an seine Vorschrift, sondern schalteten, damit der Neujahrstag nicht auf den letzten Tag der römischen Woche, der Markttag war, fallen sollte, jedes dritte Jahr schon einen Tag ein. Erst Kaiser Augustus stellte diesen Mißbrauch ab und führte die Vorschriften Cäsars wieder ein. Allein auch damit war die Jahresrechnung noch nicht für alle Zeit in Ordnung. Cäsar hatte nämlich sein Jahr um $11^1/_4$ Minute zu kurz angenommen, so daß nach Ablauf von je 128 Jahren ein Irrtum von einem Tag entstehen mußte, um den man zurückblieb. Erst im 15. Jahrhundert machten Peter von Alliaco und Kardinal Cusa auf diesen Irrtum aufmerksam, und infolgedessen ließ Papst Gregor XIII. die Sache genau untersuchen und eine neue Kalenderrechnung entwerfen. Sie führt den Namen der Gregorianischen, und ihrer bedienen wir uns heute noch. Um die Übereinstimmung des Kalenders mit dem Sonnenlaufe wiederherzustellen, verordnete Gregor XIII., daß nach dem 4. Oktober des Jahres 1552 sofort der 15. gezählt werden sollte. Der 4. Oktober war ein Donnerstag, der 15. hätte also eigentlich ein Montag sein müssen, doch ließ man ihm seinen Wochennamen als Freitag. Um aber für spätere Zeiten solche Abweichungen zu verhüten, befahl Gregor, daß die Julianische Schaltmethode beizubehalten, daß aber alle 400 Jahre 3 Schalttage auszufallen hätten, und zwar sollten alle vollen Jahrhunderte, deren beide Zahlen durch 4 ohne Rest teilbar sind, Schaltjahre, die andern aber Gemeinjahre sein. Die Jahre 1700, 1800 waren also Gemeinjahre, 1900 wird ein Gemeinjahr, 2000 ein Schaltjahr sein.

Die Astronomie ist es ferner, die uns die Gestalt der Erde kennen lehrt und die genaue Ausmessung der Oberfläche ermöglicht; sie endlich leitet den Schiffer auf den einsamen, ja ihm noch unbekannten Wegen des Meeres zum sichern Port und ermöglicht so die ozeanische Schiffahrt.



Anblick der Erde aus dem Weltenraume. 1. Die Land- und die Wasser-Halbe der Erdkugel. 2. Anblick der Erde gegenüber dem Äquator. 3. Anblick der Erde gegenüber den Polen.

Die beiden letztgenannten Probleme, die Ausmessung der Größe und Gestalt der Erde, sowie die Ortsbestimmung auf hoher See sind es, die ich dem Leser hier in den Mitteln und Wegen, welche die Astronomie zu ihrer Lösung in Anwendung brachte, vorführen will.

Wir wissen aus dem Vorhergehenden, daß die Erde im großen und ganzen die Gestalt einer an den Polen um einen geringen Betrag abgeplatteten Kugel besitzt; aber diese Kenntnis ist im Gange der wissenschaftlichen Erforschung noch von sehr jugendlichem Datum.

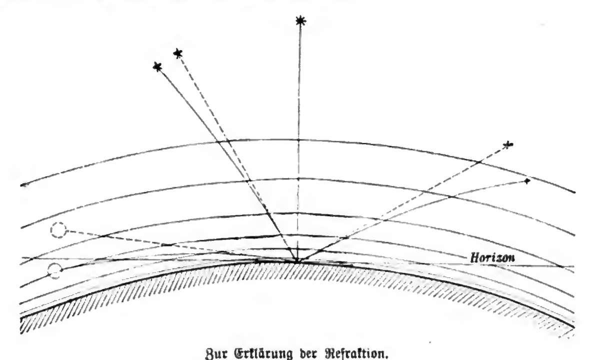
Zu den bekannteren Beweisen für die kugelförmige Gestalt der Erde gehört z. B. die Thatsache, daß man am Meere von entfernten Schiffen zuerst die Spitzen der Masten und erst nach und nach, bei fortgesetzter Annäherung, den Rumpf erblickt; wie diese Erscheinung auf die kugelförmige Gestalt der Erdoberfläche oder vielmehr der Meeresoberfläche schließen läßt, ersehen wir unmittelbar aus nachstehender Figur.



Darstellung der Meereskrümmung.

Einen ferneren Beweis für die Kugelform der Erde haben die sogenannten Weltumsegelungen, deren erste der Portugiese Magelhaens unternahm, geliefert. Auch der stets in Gestalt eines Kreisausschnittes sich darstellende Erdschatten bei partialen Mondfinsternissen bezeugt die Kugelform. Die Kugelgestalt der Erde war den Alten im allgemeinen nicht unbekannt. Homer und Hesiod hielten, dem unmittelbaren Eindrucke der Sinne folgend, die Erde für ein flache Scheibe, welche vom Ozean umströmt werde. Anaximenes nahm an, daß diese Scheibe auf komprimierter Luft ruhe. Plato, der den Würfel für den vollkommensten geometrischen Körper hielt, dachte sich deshalb auch die Erde würfelförmig. Nach andern Philosophen sollte sie die Gestalt einer Säule, einer Pauke oder dgl. besitzen. Richtigere Ansichten entwickelte Aristoteles, indem er sich für eine runde Gestalt der Erde aussprach; allein erst die Philosophen der (von Ptolemäus Philadelphus um 300 v. Chr.) zu Alexandrien begründeten Gelehrtenschule sprachen es mit Entschiedenheit aus, daß die Erde Kugelgestalt besitze, ja, sie versuchten, hierauf gestützt, sogar ihre Größe zu messen. Diese letzteren Versuche führten freilich nur zu sehr ungenauen Resultaten, weil sie in roher Weise angestellt wurden. Der erste, der es unternahm, die Größe des Erdumfanges zu messen, war Eratosthenes. Er hatte gehört, daß zu Syene in Ägypten am Mittage des Sommersolstitiums die Sonne auf den Grund tiefer Brunnen scheine, also im Scheitelpunkte stehe, während sie zu Alexandrien an demselben Tage noch $7^1/_5{}^0$ vom Zenith entfernt blieb. Die Entfernung beider Orte nahm Eratosthenes zu 5000 Stadien an und schloß, da $7^1/_5$ gerade genau $^1/_{50}$ des Kreisumfanges sind, daß der ganze Umfang der Erde $50 \times 5000 = 250\,000$ Stadien betragen müsse.

Eine ähnliche Bestimmung unternahm etwa hundert Jahre später Posidonius. Er maß den Bogen zwischen Rhodos und Alexandrien zu $^1/_{48}$ des Kreisumfanges und nahm die Entfernung beider Punkte zu 3800 Stadien an, woraus die Größe des Erdumfanges zu $48 \times 3800 = 182\,000$ Stadien folgte. Beide Resultate weichen, wie hieraus zu ersehen, sehr voneinander ab; allein sie konnten wenigstens dazu dienen, eine allgemeine Idee von der Größe der Erde zu geben. Fast tausend Jahre vergingen, ehe man es wieder unternahm, die Größe der Erdkugel zu ermitteln, denn der dritte Versuch wurde erst im 9. Jahrhundert n. Chr. von den Arabern zwischen Tadmor und Racca angestellt. Es fand sich dabei die Länge eines Grades zu 225 300 arabischen Ellen; doch kennen wir die Größe der letztern selbst nicht, indem man bloß weiß, daß die Elle der Araber 27 Zoll à 6 Gerstenkörner umfaßte. Wiederum verging ein halbes Jahrtausend, ehe für die Ausmittelung der Erddimensionen etwas geschah.



Zur Erklärung der Refraktion.

Diesmal war es ein Franzose, Fernel, der die Länge des Grades zwischen Paris und Amiens durch die Zahl der Umdrehungen seiner Wagenräder maß; die so von ihm erhaltenen Ergebnisse waren, wie vorauszusehen, auch nicht sonderlich genau, aber der Tag war nahe, der auf wissenschaftliche Prinzipien begründete Gradmessungen sehen sollte. Dem Niederländer Snellius gebührt das Verdienst, an Stelle der direkten Ausmessung großer Entfernungen zuerst das Prinzip der Triangulation in Vorschlag gebracht zu haben. Wir kennen dieselbe im allgemeinen bereits, denn ich habe früher bei der Ermittelung der Mondentfernung schon davon gesprochen. Im allgemeinen besteht diese Methode darin, daß nur eine kleine Strecke, die Grundlinie oder Basis, mit größter Genauigkeit direkt ausgemessen und von deren Endpunkten durch Winkelmessungen von Dreiecken fortgeschritten wird. In der Praxis, wenn es sich um Erreichung möglichster Genauigkeit handelt, ist die Ausführung einer Gradmessung außerordentlich schwierig. Zunächst erfordert die Messung der Basis die größte Sorgfalt, denn jeder hier begangene Fehler erscheint in dem Endresultate vergrößert. Daß die Winkel der

einzelnen Dreieckspunkte ebenfalls mit größter Genauigkeit gemessen werden müssen, ist einleuchtend. Dann muß, weil das Dreiecknetz auf der Erdoberfläche und keineswegs überall in einer und derselben Ebene liegt, alles auf das Meeresniveau reduziert werden. Die Bestimmung des Höhenunterschiedes der einzelnen Punkte kann auf zwei verschiedene Weisen ausgeführt werden; durch trigonometrische Höhenmessung und durch das geometrische Nivellement. Die erstere Methode ist weniger sicher, weil der Beobachter abhängiger von der Refraktion des Lichtes in der Atmosphäre bleibt. Der Lichtstrahl beschreibt bei seinem Durchgange durch die Luft keine gerade Linie, sondern eine Kurve, die ihre hohle Seite der Erde zuwendet.

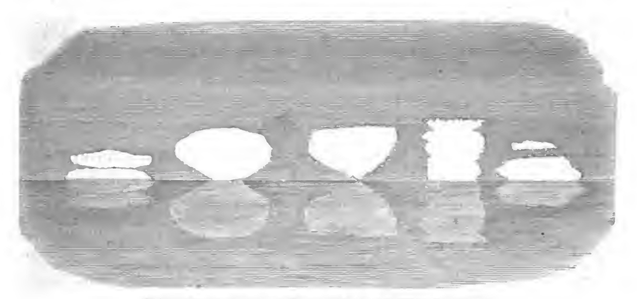


Scheinbare elliptische Form der Sonnenscheibe am Horizonte.

Die Wirkung davon können wir aus Fig. S. 496 ersehen. Jeder Stern erscheint nämlich infolge der Refraktion höher, als er in Wirklichkeit steht. Im Scheitelpunkte ist die Refraktion Null, am größten in der Nähe des Horizontes. Eine Folge derselben ist die abgeplattete Gestalt der Sonne beim Auf- und Untergange. Der dem Horizonte nähere Sonnenrand wird nämlich infolge der stärkeren Brechung mehr gehoben, als der obere, beide nähern sich also scheinbar und die Sonnenscheibe erscheint abgeplattet.

Welche seltsamen Formen die Sonne infolge unregelmäßiger Brechungen am Horizonte erleidet, haben besonders Biot und Mathieu bei ihren auf Ermittelung der Erdgestalt gerichteten Untersuchungen in Dünkirchen beobachtet. Die Astronomen haben freilich Tafeln der Refraktion entworfen, aus denen man für jede

Höhe eines Sternes den Betrag der Strahlenbrechung findet; allein für Punkte, nahe am Horizonte, und besonders für solche innerhalb der Atmosphäre, lassen diese Tafeln noch manches zu wünschen übrig. Man zieht daher zur Ermittelung von Höhenunterschieden das direkte Nivellement vor. Zuletzt müssen noch die geographischen Breiten und Längen der beiden Endpunkte der Gradmessung und die Azimute oder Neigungen gegen den Meridian mit höchster Genauigkeit bestimmt werden. Erst wenn alle diese Messungen ausgeführt sind, kann die Berechnung beginnen, und zwar auf Grund von mathematischen Formeln, die erst in der Neuzeit, vor allem durch Bessel, in der wünschenswerten Strenge entwickelt werden konnten. Ich kann, ohne Voraussetzung sehr bedeutender mathematischer Kenntnisse bei dem Leser, schlechterdings auf diese Rechnungsmethoden nicht eingehen. Nur eins möchte ich hervorheben. Bei Berechnung von Entfernungen in einer und derselben Ebene bedient man sich der ebenen Trigonometrie.



Scheinbare Formen der Sonnenscheibe am Meereshorizont.

Schon schwieriger gestaltet sich die Sache, wenn es sich um Ausmessungen auf der Oberfläche einer Kugel handelt. Die für diesen Zweck erforderlichen Formeln lehrt die sphärische Trigonometrie auffinden. Für eine abgeplattete Kugel, ein Rotationssphäroid, wie unsre Erde ist, reichen aber bei streng wissenschaftlichen Anforderungen die Lehren der sphärischen Trigonometrie nicht mehr aus; hierzu bedarf es mehr, und mußte erst eine sphäroidische Trigonometrie erfunden werden. Aus den auf diesem Wege erhaltenen mathematischen Formeln wird durch Einsetzung der gemessenen Größen der Länge eines Grades unter zwei verschiedenen geographischen Breiten sowohl die Größe als die Gestalt der Erde ermittelt.

Im Vorhergehenden habe ich versucht, dem Leser in kurzen Zügen eine sogenannte Breitengradmessung zu skizzieren, bei welcher es sich um Ermittelung der Längen von Graden des Meridians handelt. Es gibt aber noch eine zweite Klasse von Gradmessungen, bei welcher es sich um Ausmessung eines Bogens irgend eines Parallelkreises handelt.

Ehe wir jedoch diese Methode näher betrachten, mag infolge des oben ge-

gebenen Anlasses zu einer Erwähnung der Refraktion bei dem Anblick von Himmelskörpern die hierdurch gebotene Gelegenheit benutzt werden, um eine ähnliche Erscheinung besonders auffälliger Art an dem uns nächststehenden und für uns in vielfacher Beziehung interessantesten Himmelskörper, nämlich dem Monde, kennen zu lernen. Wir knüpfen hierbei an eine wirkliche Beobachtung an, welche im Jahre 1881 zu Denver in dem nordamerikanischen Staate Colorado gemacht worden und nach deren damals erfolgter photographischen Aufnahme unsre Abbildung angefertigt ist.

Es liegt uns hier eine vollständig ausgebildete Erscheinung von mehrfachen Nebenmonden und damit in Verbindung stehenden verschiedenen Kreisen wie Bogen vor. Schon beim Aufgang des Mondes, der in seinem vollen Lichte glänzte, gingen damals nach verschiedenen Seiten Lichtstreifen von demselben aus, die ohne Zweifel aus einem Vertikalstreifen (einer sogen. Lichtsäule) und einem Horizontalstreifen (einem Stück des durch den Mond gehenden weißen Horizontalkreises) bestanden. Beide Streifen, miteinander verbunden, bildeten das in der Abbildung angedeutete weiße Kreuz, in dessen Mitte der Mond sich befindet. Die gedachten Streifen entstanden nun durch Reflexion des Mondlichts an den horizontalen und vertikalen Flächen der Schneekrystalle. Insbesondere sind es die vertikalen Lichtsäulen, welche beim Aufgang oder Untergang des Mondes (beziehentlich der Sonne) oft zu einer beträchtlichen Höhe sich erheben. Bei weiterem Aufsteigen des Mondes verschwanden damals die in Rede stehenden Streifen, worauf sich der den ganzen Himmel in gleicher Höhe mit dem Monde umgebende weiße Horizontalkreis zeigte, auf welchem vier Nebenmonde standen. Dem Mond zunächst erblickte man die beiden gewöhnlichen farbigen Nebenmonde (in 22 Grad Distanz von demselben), welche dem Mond zugekehrt rötlich, dagegen gelb und blau entfernter von demselben erschienen, dann in vielleicht 120 Grad vom Monde die seltenern weißen Nebenmonde, die nur in einem mattern Licht sich zu zeigen pflegen. In nahe gleicher Entfernung vom Monde, wie die farbigen Nebenmonde, umgab denselben ein farbiger Ring von 22 Grad Halbmesser. So lange der Mond selbst noch niedrig stand, erschienen die beiden Nebenmonde in der Peripherie jenes Ringes; später traten sie aus letzterem nach und nach heraus. Hiermit verschwand aber auch der Ring allmählich, und nur die Nebenmonde blieben noch eine Zeitlang sichtbar, bis endlich, nach zehn Uhr abends, auch diese verschwanden und mit ihnen die ganze Himmelserscheinung sich auflöste, worauf ein durchaus wolkenloser und klarer Himmel dem Auge sichtbar wurde.

Nach dieser Einschaltung kommen wir auf die schon erwähnte zweite Art von Gradmessungen wieder zurück und bemerken zunächst, daß es sich hierbei darum handelt, zu ermitteln, wie viel Meter der Bogen des Parallelkreises unter einer gewissen geographischen Breite zwischen zwei Orten von bekannter geographischer Länge umfaßt. Derartige Messungen werden Längengradmessungen genannt. Ihre genaue Ausführung war besonders früher mit großen Schwierigkeiten verknüpft, weil die Messung eines Längenunterschieds eine weit subtilere Operation ist, als die Messung der geographischen Breiten.

Nach einer Photographie.

Erscheinung von Nebenmonden in Denver (Colorado).

Im allgemeinen handelt es sich bei Bestimmung des Unterschieds der geographischen Länge zweier Plätze vor allem um genaue Ermittelung der Ortszeit, welche zwei Beobachter an beiden Punkten in demselben Augenblicke zählen. Dieser Längenunterschied in Zeit gibt dann mit 15 multipliziert den Längenunterschied in Graden und deren Teilen. Um die Zeitdifferenz zweier Orte zu ermitteln, bediente man sich zuerst der Mondfinsternisse, viel später der Verfinsterungen der Jupitersmonde, da diese Erscheinungen an allen Punkten, wo sie überhaupt sichtbar sind, in demselben Momente wahrgenommen werden. Die auf solchem Wege erlangten Resultate sind jedoch keineswegs sehr genau, und Dominicus Cassini zeigte im Jahre 1700, daß man mit größerer Genauigkeit sich der Sonnenfinsternisse zu demselben Zwecke bedienen könne. Die Größe der Verfinsterung ist jedoch in diesem Falle von der Lage des Beobachtungsorts bedingt, und die beobachteten Zeiten sind daher nicht unmittelbar miteinander vergleichbar, wie dies bei den Mondfinsternissen der Fall ist, sondern müssen zu diesem Zwecke vorher auf den Erdmittelpunkt durch Rechnung bezogen werden. Sonnenfinsternisse sind jedoch verhältnismäßig zu selten, um von ihnen für die geographische Längenbestimmung bedeutenden Nutzen zu erwarten, und man wendete daher schon bald künstliche momentane Lichtsignale durch Anzünden kleiner Pulvermengen auf erhöhten Punkten zwischen den beiden Beobachtungsorten an. Diese Methode ist sehr gut; allein sie hat den Übelstand, daß die Beobachtungsstationen nicht sehr weit voneinander entfernt sein dürfen, da sonst das Signal nicht mehr gesehen wird. Man kann allerdings eine Anzahl von Stationen aneinander reihen und auf diese Weise einen größeren Bogen überspannen, aber dann häufen sich leicht die unvermeidlichen Beobachtungsfehler der einzelnen Bestimmungen zu sehr merklichen Werten an.

Auf diese Weise kam man auch bei den besten und sorgfältigsten Bestimmungen stets auf Resultate, die um mehrere Sekunden voneinander abwichen, und man wird sich denken können, welches Aufsehen es in der astronomischen Welt erregte, als im Jahre 1847 der Nordamerikaner S. C. Walker den Längenunterschied zwischen Philadelphia und Jersey City mit einer Genauigkeit bis auf einige Hundertstel der Sekunde bestimmte. Das Mittel hierzu bot ihm der elektrische Telegraph, und gegenwärtig benutzt man diesen, wenn es auf große Genauigkeit ankommt, ausschließlich, da der elektrische Strom die größten irdischen Distanzen in sehr kleinen und noch dazu sicher bestimmbaren Bruchteilen der Sekunde durchläuft. An den beiden Orten, deren Längendifferenz gemessen werden soll, werden Meridianinstrumente aufgestellt und der Augenblick, in welchem bestimmte Sterne die im Gesichtsfelde dieser Fernrohre ausgespannten Fäden passieren, durch den Telegraphen übertragen und mittels besonderer Apparate die Uhrzeiten registriert. Der Beobachter hat nichts weiter zu thun, als im Momente, wo der Stern den Faden berührt, eine Taste niederzudrücken; alles andre besorgen die Apparate und die späteren Rechnungen. Es leuchtet ein, daß Beobachtungen dieser Art einen außerordentlich hohen Grad von Genauigkeit zu gewähren im stande sind, und in der That ist dieser so bedeutend, daß sich dabei eine gewisse (freilich schon früher bemerkte) Unvollkommenheit der menschlichen Sinne störend bemerklich macht. Um

dem Leser hiervon einen richtigen Begriff zu verschaffen, wollen wir annehmen, es seien zwei Meridianinstrumente hintereinander absolut genau aufgestellt und zwei Beobachter wollten den Augenblick bestimmen, in welchem ein bestimmter Stern ihren Meridian passiert, also hinter die Mittelfäden ihrer Instrumente tritt. Wenn beide Beobachter sich einer und derselben Uhr bedienen, deren Pendelschläge sie in Gedanken mit zählen, bis der Stern den Meridian passiert, so sollte man glauben, daß in dem angeführten Falle beide genau im nämlichen Augenblicke, bei demselben Pendelschlage, den Meridiandurchgang wahrnehmen müßten. Dies ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr wird der eine Beobachter um einen gewissen Bruchteil der Sekunde früher den Durchgang wahrnehmen als der andre, und diese Zeitdifferenz wird für beide, wenigstens eine Zeitlang, ziemlich konstant bleiben. Man hat gefunden, daß dieser Unterschied unter Umständen, selbst bei geübten Beobachtern, über $^1/_2$ Sekunde betragen kann, während die Genauigkeit der verschiedenen Bestimmungen jedes einzelnen bis auf mehr als $^1/_{10}$ Sekunde steigt, also seine Beobachtungen, untereinander selbst verglichen, bis auf $^1/_{10}$ Sekunde übereinstimmen. Jene große Abweichung, die sich für verschiedene Beobachter verschieden herausstellt, wird die persönliche Gleichung derselben genannt. Die Ursache derselben liegt darin, daß Gesicht und Gehör nicht absolut gleichzeitig thätig sein können und daß jeder Sinneseindruck, um zum Bewußtsein zu gelangen, einer gewissen Zeit bedarf, die bei verschiedenen Personen verschieden ist. Arago hat zuerst nachgewiesen, daß der aus der persönlichen Gleichung entspringende Unterschied in den Bestimmungen zweier Beobachter verschwindet oder wenigstens sehr klein wird, wenn beide bloß den Antritt des Sternes an den Faden wahrzunehmen, nicht aber gleichzeitig die Uhrschläge zu beachten brauchen. Man hat daher besondere Apparate konstruiert, bei welchen der Moment des Sterndurchganges durch den Druck des Beobachters auf eine Klappe notiert wird. Durch diesen Druck wird nämlich ein elektrischer Strom hergestellt, der mit den Schreibapparaten eines Telegraphen in solche Verbindung gesetzt ist, daß sofort auf einem durch Uhrwerk bewegten Papierstreifen (auf dem die Uhr selbst ihren Gang durch Punkte bezeichnet) ein Eindruck erzeugt wird, der mit höchster Schärfe den Moment der Beobachtung zu messen gestattet.

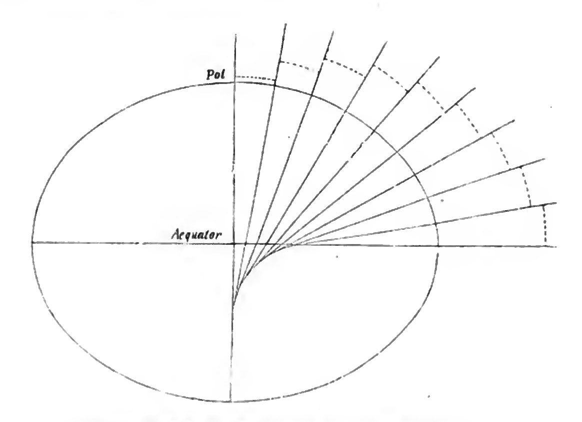
Indessen ist auch diese Methode nicht absolut fehlerfrei, indem immerhin eine gewisse Zeit vergeht zwischen dem Eintreten einer Erscheinung und dem unmittelbar nach ihrer Wahrnehmung mittels eines Druckes der Hand gegebenen Zeichen. Dieses Zeitintervall ist sogar ziemlich beträchtlich. Hankel fand z. B. für die Zwischenzeit, bevor er im stande war, auf die Wahrnehmung eines Tones durch den Druck mit der Hand ein Zeichen zu geben, eine Dauer von $^{1505}/_{10000}$ oder hinreichend genau von anderthalb Zehntel Sekunde. Die Abweichungen der zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungen von obigem Mittelwerte erreichen nicht $^1/_{100}$ Sekunde. Bei den Untersuchungen war der erzeugte Ton kurz, scharf und ziemlich laut; verlor er diese Eigenschaften, so wurde die Zwischenzeit, in welcher die Druckbewegung mit der Hand ausgeführt ward, um $^1/_{100}$ bis $^3/_{100}$ Sekunde größer.

Um den Zeitraum zwischen dem Aufblitzen eines Lichts und der Ausübung eines Druckes mit der Hand zu bestimmen, wurden zu verschiedenen Zeiten Beobachtungen nach zwei verschiedenen Methoden gemacht. Es ergab sich aus denselben als mittleres Zeitintervall $^{2075}/_{10000}$ oder nahe zwei Zehntel Sekunde. Diese Zwischenzeit ist größer als die oben gefundene, und gleiches ergab sich auch, als Hankel eine andre Person zu Beobachtungen an seinem Apparate veranlaßte. Was die Konstruktion dieser Apparate im allgemeinen anbelangt, so besitzen dieselben eine solche Einrichtung, daß unter Zuhilfenahme einer nach bekannten Gesetzen vor sich gehenden Bewegung eine Verwandlung des Zeitunterschiedes in einen Raumunterschied erfolgt. Bei dem von Hankel konstruierten Apparate besteht der bewegte Körper aus einem Paraffinringe, der in die kreisförmige Rinne einer 285 mm im Durchmesser haltenden Messingscheibe eingegossen ist. Vor der rechten Seite des Paraffinringes befinden sich die Spitzen zweier Hebel, die durch zwei Elektromagnete in Bewegung gesetzt werden können und beim Vorwärtsschlagen einen schwachen Eindruck in der Paraffinmasse erzeugen. Der messingene Rand, welcher die Paraffinscheibe umgibt, ist in ganze und halbe Grade eingeteilt, und ein über dem höchsten Punkte des Randes befindlicher Nonius gestattet, noch Zehntel eines halben Grades zu messen. Durch ein großes, aus sorgfältig gearbeiteten messingenen Zahnrädern und Getrieben gebildetes Räderwerk kann die Scheibe in gleichförmige Umdrehung versetzt werden. Mittels einer sehr sinnreichen Einrichtung wird die Geschwindigkeit, mit welcher die Scheibe umläuft, durch den Apparat selbst verzeichnet. Bei der Umdrehung der Scheibe wird nämlich ein Hebel gehoben, der nach genau 30 Umläufen des Paraffinrings wieder herabfällt. An der Spitze dieses Hebels befindet sich ein Hammer, der beim Herabfallen einen scharfen kurzen Schlag gibt. An dem Hebel ist zugleich ein durch Elfenbein isoliertes Messingstück angebracht, durch welches zwei an den unteren Enden mit Platinspitzen versehene Schrauben hindurchgehen. Diese Platinspitzen tauchen beim Herabfallen in zwei mit Quecksilber gefüllte Vertiefungen, die mit den Polen einer galvanischen Kette in Verbindung stehen. Beim Herabfallen wird also diese Kette geschlossen. Der Strom derselben geht durch den einen Elektromagneten eines Registrierapparates und erzeugt mittels der Spitze eines durch den Elektromagneten in Bewegung



Dominique François Arago (geb. 26. Februar 1786, gest. 2. Oktober 1853).

gesetzten Hebels auf einem durch ein Uhrwerk vorbeigeführten Papierstreifen einen Eindruck. Durch den zweiten, gleich neben dem ersten stehenden Elektromagneten dieses Registrierapparates fließt ein andrer Strom, der durch eine besondere Vorrichtung (einen sogenannten Krilleschen Unterbrecher), welche mit einer Sekundenuhr verbunden ist, jede Sekunde geschlossen und geöffnet wird. Die Spitze des zu ihm gehörigen Hebels erzeugt also auf dem zuvor erwähnten Papierstreifen jede Sekunde einen Eindruck. Aus den in nebeneinander liegenden Reihen befindlichen Eindrücken läßt sich die während 30 Umläufen des Paraffinringes verflossene Zeit bis auf wenige Hundertstel einer Sekunde bestimmen. Kehren wir jetzt wieder zu unserm eigentlichen Gegenstande zurück.



Zunahme der Größe der Meridiangrade nach den Erdpolen hin.

Unabhängig von der Messung der Erddimensionen kann man aus gewissen Beobachtungen die Größe der Abplattung unsrer Erde ermitteln. Diese Beobachtungen beziehen sich auf die Bestimmung der Länge des sogenannten einfachen Sekundenpendels. Der Raum, den ein Körper in einer bestimmten Zeitdauer durchfällt, oder die Geschwindigkeit, welche er zu Ende dieser Zeitdauer besitzt, gibt ein Mittel an die Hand, die Intensität der Anziehungskraft, unter deren Einfluß der Körper eben jene Bewegung vollbringt, zu bestimmen.

Denken wir uns die Erde als vollkommene Kugel mit regelmäßiger Massenverteilung im Innern und ohne Rotation um ihre Achse, so wird die Intensität ihrer Anziehungskraft auf alle Punkte ihrer Oberfläche selbstverständlich gleich groß sein müssen. Ein Körper wird in derselben Zeitdauer überall gleich große Fallhöhen durchlaufen und seine Geschwindigkeit am Ende der nämlichen Zeitdauer allenthalben gleich groß sein.

Denken wir uns ferner die Erde zwar noch ohne Rotation, aber an den Polen

abgeplattet, so wird ihr Radius an den Polen am kürzesten, am Äquator am längsten sein. Die Schwere nimmt aber bei wachsender Distanz vom Mittelpunkte der Erde im Verhältnis des Quadrates der Entfernung ab. Daher wird auch die Geschwindigkeit, welche ein freifallender Körper am Ende einer gewissen Zeitdauer erreicht, an den Polen am größten, am Äquator am kleinsten sein. Nehmen wir nun schließlich an, die abgeplattete Erde rotiere um ihre Achse, so tritt hierdurch eine weitere Kraft auf, welche den Fall der Körper gegen den Äquator hin verzögert. Diese Kraft ist die Schwungkraft, die nämliche, welche die rasch geschwungene Schleuder spannt. Die Abplattung im Vereine mit der Rotation vermindert demnach auf der Erdoberfläche die anziehende Kraft der Schwere von den Polen zum Äquator hin, und die Mathematik entwickelt die Gesetze, nach welchen aus der beobachteten Pendellänge an verschiedenen Orten der Erdoberfläche deren Abplattung gefunden werden kann. Zuletzt gibt es noch eine rein astronomische Methode, die Abplattung der Erde zu bestimmen. Gewisse Störungen der Mondbewegung hängen nämlich von der abgeplatteten Gestalt der Erde ab, und man kann aus der Größe jener Anomalien auf die Größe dieser Abplattung schließen. Indessen sind die auf diesem Wege erlangten Resultate minder genau, als die durch Messungen an der Erdoberfläche ermittelten Ergebnisse.

Ich habe dem Leser nun kurz die Wege angezeigt, auf welchen man zur Kenntnis der Erddimensionen zu gelangen vermag; betrachten wir jetzt die Arbeiten selbst, welche man in dieser Richtung unternommen hat.

Die erste genauere Gradmessung begann 1683 in Frankreich, aber sie lieferte aus verschiedenen Gründen bezüglich der Erdabplattung kein zufriedenstellendes Resultat. Dies führte zu dem Plane einer neuen und großartigen Messung, die gleichzeitig unter dem Äquator (in Peru) und unter dem nördlichen Polarkreise (in Lappland) ausgeführt wurde. Die Arbeiten begannen 1735 und führten zu dem Ergebnisse, daß die Länge eines Grades unter dem Äquator 56753 und unter dem Polarkreise 57437 Toisen betrage. Hieraus folgt, daß man im Norden einen längeren Weg zurücklegen muß, um gleiche Krümmung wie am Äquator zu erhalten, daß die Erde dort also weniger gekrümmt, flacher, d. h. abgeplattet ist. Gewisse Schriftsteller, welche keine genügende Einsicht in die genaueren mathematischen Verhältnisse, welche hier maßgebend sind, besaßen, haben den umgekehrten Schluß gezogen und behauptet, daß, weil der Meridiangrad im Norden größer sei, als am Äquator, müsse die Erde an den Polen verlängert sein. Die Unrichtigkeit dieses Schlusses können wir aus Fig. S. 502 ersehen, welche den Durchschnitt durch ein sehr abgeplattetes Ellipsoid darstellt. Die 10 Linien, welche die Peripherie des oberen rechten Quadranten zeigt, stehen alle senkrecht auf der elliptischen Oberfläche und teilen jenen Quadranten in 9 gleich große Winkel von je 10 Grad. Wir sehen nun sofort aus der Figur, daß das Stück des elliptischen Bogens vom Äquator bis zur ersten normalen Linie kleiner ist, als das Stück zwischen der 9. und 10. Linie. Bei der Erde findet ganz das Gleiche statt, obgleich deren Abplattung so gering ist, daß sie bei einer Zeichnung in der Größe der vorstehenden Figur nicht sichtbar hervortreten könnte.

Bald nach jenen Messungen in Lappland und am Äquator wurden verschiedene in andern Teilen der Erde ausgeführt, allein ihren Aufschwung nahmen die Gradmessungen erst, als zur Zeit der ersten französischen Revolution der Vorschlag auftauchte, ein allgemeines Weltmaß einzuführen, dessen Einheit nie mehr verloren gehen könne. Man wählte als solche den vierzigmillionten Teil des Erdumfanges und beschloß, dessen Größe durch eine neue Gradmessung ermitteln zu lassen, die an Ausdehnung und Genauigkeit alles bisher Dagewesene weit übertreffen solle. Diese Messung, welche 1792 begann, sollte sich von Dünkirchen bis Barcelona erstrecken, aber Biot und Arago führten sie noch weiter, bis zur Insel Formentera. Im Jahre 1806 waren die eigentlichen Gradmessungsarbeiten vollendet, die einen Bogen des Meridians von 12° 22′ 12,7″ umfassen. Fast um dieselbe Zeit begannen ausgedehnte Gradmessungen in England, Rußland und Ostindien, kleinere in mehreren europäischen Staaten und später auch am Kap der guten Hoffnung, so daß Bessel im Jahre 1840 eine erschöpfende Diskussion der Erddimensionen auf Messungen stützen konnte, die zusammen einen Bogen von 50° 34′ umfaßten. Das Resultat dieser klassischen Arbeit war:

Halbmesser	des Äquators	3 272 077	Toisen,
"	des Poles	3 261 139	"
"	der Abplattung	$^1/_{299}$	"

Seitdem ist mehr als ein Drittel-Jahrhundert verflossen, und die Zahl und Ausdehnung der Gradmessungen hat sich beträchtlich vermehrt. Eine neue Arbeit von Clarke, die sich auf einen Gesamtbogen von 77° 43′ stützt, lieferte folgende Werte:

Halbmesser	des Äquators	3 272 537	Toisen,
"	des Poles	3 261 134	"
"	der Abplattung	$^1/_{286}$	"

Wir sehen, daß es sich zwischen den einzelnen Rechnungen für die Länge des ganzen Erddurchmessers nur um Abweichungen von höchstens ein paar Tausend Fuß handelt, weniger als die Länge einer mittelgroßen Straße.

Was die Bestimmung der Erdabplattung aus Pendelbeobachtungen anbelangt, so liegt von letzteren gegenwärtig eine so große Anzahl aus weit über die Erdoberfläche zerstreuten Orten vor, daß eine auf dieses gesamte Material gegründete Untersuchung sehr zuverlässige Werte für die Größe der Erdabplattung liefern muß. Eine solche Berechnung habe ich ausgeführt. Dieselbe lieferte als Wert für die Abplattung der Erde $^1/_{288,9}$. Dieser Wert kommt dem aus dem größten Bogen der Gradmessungen abgeleiteten sehr nahe und fällt fast genau mit dem Verhältnisse ($^1/_{289}$) der Schwungkraft zur Schwere unter dem Äquator zusammen. Da nun auch mathematisch-mechanische Gründe von großem Gewicht dafür sprechen, daß der wahre Wert der Erdabplattung gleich diesem Verhältnisse sein müsse, so kann man $^1/_{289}$ als definitive Zahl für die Größe der Erdabplattung annehmen. Berechnet man nun unter Zuziehung der sämtlichen Gradmessungen mit dieser Abplattung die Größe des Äquatorialhalbmessers der Erde, so findet man hierfür 3 272 766 Toisen. Läßt man die kleinen nur 1 oder 2 Grade umfassenden

Meridiangradmessungen unberücksichtigt, so erhält man einen etwa 100 Toisen kleineren Wert. Gegenwärtig muß man annehmen, daß diese Zahlen der Wahrheit am nächsten kommen; genauere werden sich ermitteln lassen, wenn die große vom General Baeyer angeregte europäische Breitengradmessung ganz ausgeführt und die durch Struves Betreiben ausgeführte Längengradmessung vom Ural bis zur Westküste Irlands berechnet sein wird. Nimmt man, wie üblich, den Umfang des Äquators zu 5400 Meilen an, so ergibt sich bei einer Abplattung von $^1/_{289}$:

Durchmesser des Äquators .	1718,9 Meilen,
Polardurchmesser . . .	1712,9 „
Gesamte Erdoberfläche . .	9 260 510 Quadratmeilen,
Rauminhalt der Erde . .	2 649 900 000 Kubikmeilen.

Wir sind jetzt dem Astronomen auf den verschiedenen Wegen gefolgt, auf welchen er nach und nach zu den genauen Resultaten für die Größe und Gestalt der Erde gelangte, welche ich dem Leser mitgeteilt habe. Ich muß nun, ehe ich von ihm Abschied nehme, auffordern, mir noch einmal zu folgen auf jene Wege, auf denen es der Wissenschaft gelungen ist, das wichtige Problem der geographischen Ortsbestimmung, besonders auf der See, zu lösen. Ganz besonders für den Seeverkehr der Gegenwart ist es von der größten Wichtigkeit, daß der Schiffer stets genau weiß, wo er sich auf dem Meere befindet. Schon vor fast zweihundert Jahren sah man in England die Notwendigkeit einer genauen Ortsbestimmung auf See so deutlich ein, daß das Parlament die Summe von 20 000 Pfd. Sterling demjenigen versprach, der eine genaue Methode der Längenbestimmung auf See finden würde. Es handelte sich lediglich um die Längenbestimmung, weil, wie wir von früher wissen, die geographische Breite verhältnismäßig leicht gefunden werden kann. Die Schwierigkeit liegt ausschließlich darin, den Stand der Uhrzeit in einem und demselben Momente für zwei weit voneinander liegende Orte zu kennen. Wir sind dieser Schwierigkeit schon oben bei Besprechung der Längenmessungen begegnet und haben gleichzeitig gesehen, wie sie gegenwärtig durch den elektrischen Telegraphen mit Glück überwunden wird. Telegraphische Verbindung besteht nur zwischen den wenigsten Orten, und vollends auf dem Meere, wo der Schiffer häufig in die Lage kommt, seine Länge bestimmen zu müssen, ist die besprochene Methode ganz unausführbar. Hier tritt die Methode der Längenübertragung durch Chronometer ein. Denken wir uns, der Schiffer habe eine absolut genau gehende Uhr, die er vor seiner Abreise nach der Uhr einer Sternwarte, etwa Greenwich, stellte. Diese Uhr wird ihm nun in jedem Augenblicke die Zeit angeben, welche eben in Greenwich ist. Diese Zeit aber, mit der Fahrzeit an Bord des Schiffes (welche durch direkte Beobachtung der Sonne erhalten wird) verglichen, gibt jetzt sofort den Zeitunterschied gegen Greenwich, und da die Länge dieser Sternwarte schon bekannt ist, auch die geographische Länge, unter der sich das Schiff befindet. Nehmen wir an, ein Schiffer laufe aus der Themse, um nach New York zu segeln; vorher habe er seinen Chronometer mit der Uhr der Greenwicher Sternwarte in der Nähe von London verglichen. Nachdem er mehrere Tage auf dem Atlantischen Ozeane gefahren, wünscht er seine

Länge zu wissen. Zu diesem Zwecke mißt er die Höhe der Sonne, um daraus die wahre Uhrzeit an Bord seines Schiffes zu berechnen. Die Messung der Sonnenhöhe geschah in dem Augenblicke, als sein Chronometer 10 Uhr 16 Min. 30 Sek. zeigte. Die Berechnung ergibt dem Schiffer, daß es in demselben Augenblicke an dem Orte, wo er sich befand, 8 Uhr 0 Min. 30 Sek. war. Der Zeitunterschied gegen Greenwich beträgt demnach 2 Stunden 16 Min., um welche Greenwich gegen die Schiffszeit voraus ist. Der Schiffer befindet sich also 34° westlich vom Meridiane von Greenwich. Dieses Verfahren ist sehr einfach, allein es setzt den Besitz einer genau gehenden Uhr voraus. Harrison (geb. 1693, gest. 1776) war der erste, der eine derartige Uhr konstruierte, und erhielt dafür vom englischen Parlamente die Summe von 480 000 Mark. Gegenwärtig hat die Vervollkommnung der Chronometer einen so hohen Grad erreicht und gleichzeitig sind die Preise derselben verhältnismäßig so billig geworden, daß jeder Seefahrer ein solches Instrument an Bord hat. Zwar gehen alle diese Uhren nie absolut genau, aber sie haben einen fast konstanten Gang, d. h. sie laufen täglich sehr nahe um den gleichen Betrag vor oder bleiben konstant um ein paar Sekunden zurück. Der Schiffer ermittelt diesen täglichen Gang vor seiner Abreise, indem er die Uhr während eines gewissen Zeitraumes mit der Uhr einer Sternwarte vergleicht. Ergibt sich nun, daß sie täglich z. B. 10 Sekunden voreilt oder zurückbleibt, so weiß er nach 25 Tagen, daß er von den Angaben des Chronometers 10 × 25 Sekunden zu subtrahieren oder ebenso viel hinzu zu addieren hat, um die ganz genaue Greenwicher Zeit zu erhalten.

Bei großen Seereisen oder bei Landreisen durch weite, unbekannte Gegenden ist es aber immerhin wichtig, auch ein Mittel zu besitzen, den Gang des Chronometers kontrollieren zu können, denn diese feinen Instrumente sind notwendig sehr empfindlich und die Ortsbestimmung müßte beträchtlich fehlerhaft werden, falls die Uhr ihren täglichen Gang plötzlich aus irgend einer Ursache um mehrere Sekunden änderte, ohne daß der Beobachter im stande wäre, diese Abweichung zu erkennen.

Ein wichtiges Mittel zur Kontrollierung der durch Zeitübertragung mittels des Chronometers bestimmten Länge eines Ortes, sowie auch zur Längenbestimmung ohne Zeitübertragung durch Chronometer gewähren die Messungen der Winkelabstände des Mondes von gewissen Fixsternen. Nehmen wir an, daß zwei Beobachter, von denen der eine in London, der andre in Berlin ist, sich verabredeten, an einem gewissen Tage nach ihrer Uhr den Moment aufzuzeichnen, wenn der Mittelpunkt des Mondes 1° von einem gewissen Sterne entfernt steht. Der Beobachter in London findet für diesen Moment 10 Uhr 1 Min. 10 Sek. nach Londoner Zeit, der Beobachter in Berlin hingegen 10 Uhr 53 Min. 8. Sek. nach Berliner Zeit. Hieraus würde für den Meridianunterschied zwischen Berlin und London 51 Min. 58 Sek. hervorgehen. Allein dieses Resultat ist nicht ganz streng, denn die beiden Beobachter befinden sich dem Monde gegenüber nicht unter den gleichen Verhältnissen, indem der Beobachter in Berlin den Mond in bezug auf den Fixstern aus einer etwas andern Richtung sieht, als derjenige in London. Um sich

hiervon frei zu machen, muß vorher an den Beobachtungen eine Korrektion angebracht werden, durch welche sie so modifiziert werden, als habe sich der Beobachter im Erdmittelpunkte befunden, wo die erwähnte optische Verschiebung wegfallen würde. Wenn die genannten beiden Beobachter in Berlin und London diese Reduktion auf den Erdmittelpunkt berücksichtigen, so ergibt sich als Meridiandifferenz zwischen London und Berlin 54 Min. 8 Sek. = 13° 32′.

In der angegebenen Weise ist das Verfahren für den Seefahrer freilich unbrauchbar, denn er muß die Beobachtung des zweiten Ortes sofort haben, wenn sie ihm überhaupt etwas nützen soll; dann würde es auch immer seine Schwierigkeiten haben, den Augenblick eines bestimmten Abstandes des Mondes von einem Sterne abzuwarten. Der Seefahrer muß jeden heiteren Augenblick benutzen können. Alle diese Schwierigkeiten werden durch die Mondtafeln, welche der Schiffer oder Reisende mit sich nimmt, beseitigt. Diese Tafeln geben für Jahre voraus den Abstand des Mondes von der Sonne und einer Anzahl hellerer Sterne für jeden Augenblick noch Greenwicher Zeit mit einer Genauigkeit an, welche die einer direkten Beobachtung sogar noch übertrifft. Findet z. B. der Seefahrer an einem gewissen Tage um 5 Uhr 13 Min. 30 Sek. Ortszeit den auf den Erdmittelpunkt reduzierten Abstand des Sonnen- und Mondzentrums zu 14° 15′, so lehrt ihn sein Blick in die Mondtafeln, daß dieselbe auf den Erdmittelpunkt reduzierte Distanz von Sonne und Mond in Greenwich um 7 Uhr 17 Min. 30 Sek. stattfindet, daß es demnach 7 Uhr 17 Min. 30 Sek. in Greenwich war, als die Zeit seines Schiffes 5 Uhr 13 Min. 30 Sek. betrug. Sonach befindet sich also das Schiff 2 Stunden 4 Min. = 31° westlich von Greenwich. Der erste, welcher diese Methode praktisch, wenngleich nur ganz roh anwandte, war Amerigo Vespucci. Er sah am 27. September 1499 zu Venezuela abends $7\frac{1}{2}$ Uhr den Mond 1° um Mitternacht dagegen $5\frac{1}{2}$° östlich vom Mars. Hieraus schloß er, daß der Mond sich damals in vier Stunden um 1° ostwärts bewegt habe und also um $6\frac{1}{2}$ Uhr Ortszeit mit dem Mars in Konjunktion gewesen sein müsse. Die Nürnberger Ephemeriden lehrten aber der Vorausberechnung gemäß, daß dieselbe Konjunktion um Mitternacht nach Nürnberger Zeit stattgefunden habe. Vespucci schloß hieraus, daß der Längenunterschied zwischen Nürnberg und Venezuela $5\frac{1}{2}$ Stunde oder $82\frac{1}{2}$ Grad betrage, was auch ziemlich nahe richtig ist.

Ich habe dem Leser jetzt die hauptsächlichsten Methoden zur Bestimmung der geographischen Länge vorgeführt; aber es hat der Anstrengungen von fast zwei Jahrhunderten bedurft, um sie soweit auszubilden, daß sie praktisch von Nutzen sein konnten. Viele Tausende fahren heutzutage auf den stattlichen Dampfern der Hamburger und New Yorker Gesellschaften nach Amerika, ohne zu wissen, daß das Schiff auf dem endlosen Ozeane, wie ein Postwagen auf der Landstraße, eine ganz genau vorgezeichnete Bahn durchläuft, so daß der folgende Dampfer fast im Kielwasser des vorauffahrenden dahinbraust; und daß es das Licht der Wissenschaft ist, welches das stolze Schiff zum sicheren Hafen leitet!

Und nun wollen auch wir mit dem Schatze erweiterter Erkenntnis aus den Himmelsräumen und von den einsamen Meeresküsten dem Hafen zueilen.

Tragen wir die fremde Welt mit all ihrem Reichtum in unser inneres Leben hinein, lernen wir aus jenen Sitten, regeln wir unser eignes Denken und Handeln nach jenen Gesetzen! Sichern wir dann das Glück des Sehens, das wir genossen, auch andern! Helfen wir die Nebel zerstreuen, welche den inneren Sinn der Menschen noch verhüllen, und der Schleier wird auch von den äußeren Sinnen mehr und mehr fallen. Schaffen wir der Wissenschaft die Mittel und die Freiheit, immer kühner ihre Schwingen in den Himmel zu erheben!

Eine neue Welt hat sich uns eröffnet. Ein Band des innigsten Interesses wird uns fortan mit dieser Welt verknüpfen, und wir werden teilnehmen an den Ereignissen des Himmels, wie an den Siegeszügen der Wissenschaft auf diesen fernen Gebieten.

Alljährlich sendet die Wissenschaft, wie in die Wüsten und Sümpfe Innerafrikas oder Australiens, zu den Felsenhöhen des Himalaya oder in die eisige Nacht der Polarländer, so auch in die Tiefen des Himmels Forscher und Entdecker hinaus. Wenn der Hinausziehende bereits einen glänzenden Namen mit sich nimmt, dann harrt wohl in ängstlicher Spannung die gebildete Welt seiner Heimkehr, wie 'den Berichten eines Barth und Vogel, eines Schlagintweit oder Kane. Wenn ein Herschel oder Rosse ihre Riesenteleskope aufstellen, wenn ein Bessel oder Struve sich mit der Schärfe der Beobachtung und Rechnung zu einem Eroberungszuge in den Himmel rüsten, wenn ein Leverrier den wunderbar prophetischen Blick seiner Rechnung in das Leere versenkt, um das Unbekannte an seinen Wirkungen hervorzuziehen: dann verspricht man sich wohl mit Recht von der Heimkehr solcher Forscher glänzende Siege für das Reich des Gedankens. Ich habe dem Leser bereits von manchem solcher Eroberungszüge der Wissenschaft berichtet und ihm die Denksteine am Himmel gezeigt, welche Namen und Thaten der Ewigkeit bewahren. Aber der Raum für solche Thaten ist noch unendlich groß; dem Auge ist hier noch viel zu erschließen und mehr noch dem Gedanken.

Eroberungszüge des wissenschaftlichen Geistes sind freilich andrer Natur, als die bescheidenen Wanderungen, auf denen ich den Leser geleitete. Was wir aus jener Ferne mit uns bringen, ist auch reicher Gewinn, aber vor allem für uns selbst, für unsre Anschauung.

Schöner, reicher, heller entfaltet sich die Heimat vor uns erkannt im Lichte des Jenseits. Mit innigeren Banden als je werden wir uns an sie geknüpft fühlen. Wenn aber einst wieder Tage kommen sollten, wo den Leser vielleicht, um einem trüben Horizonte seines Lebens zu entfliehen, die Lust zu neuen Ausflügen in den Himmelsraum anwandelt, zu den Sternen die unverlöschlich in unser Leben hinabstrahlen: dann wird er andre Begleiter finden, die ihm vielleicht noch weiter die Pforten des Himmels öffnen, ihn noch sanfter durch die unermeßlichen Räume tragen, noch anziehender in den fernen Öden unterhalten werden! Gedenke er dann gleichwohl freundlich dieser gemeinsam verlebten Stunden und des Führers, der ihn wenigstens gewissenhaft durch die Wunder des Himmels zu geleiten sich bestrebt hat.

Übersichten.

Bahnelemente der Planeten und ihrer Satelliten, der bemerkenswertesten Kometen und Doppelsterne.

Tabelle I. Der Mond.

Siderische Umlaufszeit . .	27 Tage 7 St. 43′11″.5	Wahrer Durchmesser des Mondes in Meilen . .	468
Tropische Umlaufszeit . .	27 „ 7 „ 43′ 4″.7	Wahrer Durchmesser des Mondes in Erddurchmessern	0.27
Synodische Umlaufszeit . .	29 „ 12 „ 44′ 2″.7	Horizont.-Parallaxe d. Mondes in mittl. Entfernung	57′ 2″.7
Mittlere Länge am 0 Jan. 1800 Greenwicher Zeit .	335° 43′ 26″.71	Mittlere Entfernung d. Mondes vom Mittelpunkt der Erde in Erdhalbmessern	60.27
Mittlere tägliche tropische Bewegung	13° 10′ 35″.028598	Mittlere Entfernung d. Mondes vom Mittelpunkte der Erde in geograph. Meilen	51800
Exzentrizität der Mondbahn	0.05490807	Masse des Mondes im Verhältnis zur Erdmasse .	0.0123
Länge des Perigäums . .	225° 23′ 53″.06		
Länge des aufsteigenden Knotens	33° 16′ 31″.15		
Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik . .	5° 8′ 40″		
Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik . .	1° 32′ 9″		

Tabelle II. Die Marsmonde.

Satellit.	Siderische Umlaufszeit.	Mittlere Entfernung vom Zentrum des Mars in Marshalbmessern.	Exzentrizität.
Phobos	— Tag 7 St. 39 Min. 15 Sek.	2.77	0.032079
Deimos	1 „ 6 „ 17 „ 54 „	6.92	0.005741

Tabelle III. Die Jupitermonde.

Mond.	Siderische Umlaufszeit.	Mittl. Entfernung vom Mittelpunkt d. Jupit. in Jupiterhalbmessern.	Wahrer Durchmesser in Meilen.	Masse (die Jupitersmasse = 1)
I.	1 Tage 18 St. 27′ 33″.506	5.93	513	0.00001688
II.	3 „ 13 „ 13′ 42″.040	9.44	463	0.00002323
III.	7 „ 3 „ 42′ 33″.362	15.06	756	0.00008844
IV.	16 „ 16 „ 32′ 11″.27	26.49	647	0.00004247

Tabelle IV. Satelliten des Saturn.

Satellit.	Siderische Umlaufszeit. Tg.	St.	M.	S.	Mittl. Entfernung vom Mittelpunkt des Saturn in Saturnhalbmessern.
1. Mimas	0	22	37	6	3.11
2. Enceladus	1	8	53	7	4.00
3. Thetis	1	21	18	25	4.93
4. Dione	2	17	41	9	6.35
5. Rhea	4	12	25	12	8.82
6. Titan	15	22	41	23	20.49
7. Hyperion	21	6	39	25	24.81
8. Japetus	79	7	49	24	59.64

Tabelle V. Satelliten des Uranus.

Satellit.	Siderische Umlaufszeit. Tg.	St.	M.	S.	Mittl. Entfernung vom Mittelpunkt des Uranus in Bogensekunden.
1.	2	12	29	21	13.78
2.	4	3	23	7	19.20
3.	8	16	56	30	31.48
4.	13	11	7	7	42.10

Satellit des Neptun.

Satellit.	Tg.	St.	M.	S.	
1.	5	21	4	9	16.3

Tabelle VI. Bahnelemente der Hauptplaneten.

Name.	Mittlere Entfernung von der Sonne oder halbe große Achse		Umlaufszeit in Tagen und deren Dezimalteilen.	Exzentrizität der Bahn.	Masse im Verhältnis zur Sonnenmasse.	Mittlere Länge 1850 Januar 1. 0ʰ mittlere Pariser Zeit.			Länge des Perihels.			Länge des aufsteigenden Knotens.			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik.		
	die der Erdbahn = 1.	in Millionen Kilomet.				°	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″
Merkur	0.387099	58	87.969258	0.205618	$\frac{1}{7636000}$	327	15	20.43	75	7	13.9	46	33	8.7	7	0	7.71
Venus	0.723332	108	224.700787	0.006833	$\frac{1}{412150}$	245	33	14.70	129	27	14.5	75	19	52.3	3	23	34.83
Erde	1.000000	149	365.256374	0.016770	$\frac{1}{324439}$	100	46	43.51	100	21	21.5	0	0	0	0	0	0
Mars	1.523691	227	686.979646	0.093262	$\frac{1}{3093500}$	83	40	31.33	333	17	53.7	48	23	53.1	1	51	2.28
Jupiter	5.202798	777	4332.584821	0.048239	$\frac{1}{1048}$	160	1	10.26	11	54	58.4	98	56	17.0	1	18	41.37
Saturn	9.538852	1420	10759.219817	0.055996	$\frac{1}{3502}$	14	50	40.6	90	6	56.7	112	20	53.0	2	29	39.80
Uranus	19.14198	2860	30688.3	0.046341	$\frac{1}{22600}$	28	26	41.50	170	50	7.1	73	13	54.4	0	46	20.90
Neptun	29.92788	4500	60180.86	0.008964	$\frac{1}{19380}$	334	36	29.60	45	59	43.1	130	7	31.8	1	47	1.70

Tabelle VII. **Bahnelemente der Kometen, welche mehrmals zurückgekehrt sind.**

Benennung des Kometen.	Zeit des Durchgangs durch die Sonnennähe (mittl. Zeit von Paris).					Länge des Perihels.			Länge des aufsteigenden Knotens.			Neigung der Bahn.			Periheldistanz.	Exzentrizität.	Umlaufsdauer.
				h	m	°	′	″	°	′	″	°	′	″			
Halleyscher Komet . .	1835	Nov.	15	22	41	304	30	48	55	9	15	17	45	5	0.586569	0.967391	76 Jahre
Tuttles " . .	1871	"	30	11	18	116	5	26	269	18	2	54	17	0	1.030107	0.821054	$13^2/_3$ "
Faye-Möllers Komet .	1881	Jan.	22	15	25	50	49	36	209	36	14	11	19	40	1.73813	0.549021	$7^1/_2$ "
Bielas Doppelkomet .	1852	Sept.	22	6	42	109	8	17	245	51	26	12	33	16	0.860602	0.755922	$6^3/_4$ "
		"	22	22	48	109	8	16	245	51	28	12	33	19	0.860622	0.755865	
d'Arrestscher Komet . .	1877	April	10	8	9	319	6	44	146	6	57	15	43	9	1.318123	0.627805	$6^1/_2$ "
Weißscher " . .	1873	Dez.	3	2	53	85	29	56	248	37	3	26	29	1	0.775354	0.770318	$6^1{}_5$(?) "
Tempels I. " . .	1879	Mai	6	23	46	238	11	30	78	45	37	9	46	32	1.76930	0.463041	ungefähr 6 "
Winneckes " . .	1880	Dez.	4	7	31	276	43	22	111	31	5	11	16	57	0.830574	0.740606	$5^2/_3$ "
Brorsens " . .	1879	März	30	2	0	116	15	3	101	19	16	29	23	19	0.598901	0.809794	$5^1/_2$ "
Tempel-Swiftscher Komet	1880	Nov.	7	23	19	43	4	40	296	51	26	5	23	0	1.066973	0.655305	ungef. $5^1/_2$ "
Tempels II. Komet . .	1878	Sept.	7	5	54	306	7	42	121	0	46	12	46	2	1.39955	0.553727	" $5^1/_4$ "
Enckes Komet	1881	Nov.	15	1	43	158	30	5	334	34	3	12	53	0	0.343005	0.845497	$3^1/_3$ "
Komet Pons-Brooks (1812—1883)	1812	Sept.	15	7	40	92	18	44	253	1	2	73	57	3	0.77714	0.95454	70.7 "

Tabelle VIII. Die wichtigsten Bahnelemente einiger Kometen von langer Umlaufszeit.

Entdecker und Entdeckungszeit des Kometen.		Halbe große Achse.	Aphel-distanz.	Exzen-trizität.	Umlaufszeit.	Berechner.
Halleys Komet	1759	17.9	35.3	0.9674	76 Jahr 1 M.	
Westphal . .	1852	16.32	31.99	0.9248	69	Marth.
Olbers . . .	1815	17.634	34.055	0.9312	74.05	Bessel.
de Vico . . .	1846	17.507	34.341	0.9621	73.25	Peirce.
Brorsen . .	1847	17.779	35.070	0.9726	74.79	d'Arrest.
Flamsteed . .	1683	33.031	65.512	0.9832	187.8	Clausen.
Bremiker . .	1840	49.12	96.76	0.96985	344	Götze.
Brorsen . .	1846	54.42	108.21	0.9884	401	Wichmann.
Komet von .	1807	143.86	286.07	0.9955	1714	Bessel.
Messier . . .	1769	163.46	326.80	0.9992	2090	Bessel.

Tabelle IX. Die hauptsächlichsten Bahnelemente verschiedener Doppelsterne.

Name des Sterns.	Halbe große Achse in Bogensekunden.	Exzentrizität.	Umlaufsdauer in Jahren.	Berechner.
η in der Kassiopeja . .	8.639	0.6244	195	Gruber.
Sirius	8.53	0.5908	44	Pritchard.
α der Zwillinge . . .	7.537	0.34382	997	Thiele.
ζ im Krebs	0.853	0.39084	60.3	Seeliger.
ω im großen Löwen . .	0.890	0.5360	111	Doberck.
ξ im großen Bären . .	2.580	0.41590	61	Pritchard.
γ in der Jungfrau . .	3.97	0.89575	185	Thiele.
42 im Haar der Berenice	0.657	0.480	25.7	O. Struve.
α in Centauren . . .	17.50	0.5260	$77\frac{1}{2}$	Elkin.
η in der nördl. Krone .	0.827	0.2625	42	Duner.
γ " " " .	0.7	0.350	96	Doberck.
ζ im Herkules	1.284	0.4627	34.4	"
70 p im Ophiuchus . .	4.79	0.46718	94	Pritchard.
γ in der südl. Krone . .	2.40	0.6989	55.6	Schiaparelli.
ξ in der Wage	1.26	0.0768	96	Doberck.
ξ im Bootes	4.86	0.7081	127	"
δ im Schwan	2.310	0.28583	415	Behrmann.

Hervorragende Astronomen
und
Förderer der Himmelskunde.

Vor Chr.

um 600 **Thales** (aus Milet).
570—500 **Pythagoras** (Samos).
um 500 **Anaximenes** (Milet).
um 450 **Meton** (Athen).
um 400 **Demokritos** (Abdera).
410—356 **Eudoxos** (Knidos).
276—193 **Eratosthenes** (Kyrene).
um 260 **Aristarchos** (Samos).
190—125 **Hipparchos** (Nicäa).

Nach Chr.

um 120—200 **Claudius Ptolemäus** (Alexandrien).
850—929 **Al-Batani** (Albategnius).
1233—1284 **Alfons X.**, König von Kastilien.
1436—1476 Joh. Müller, genannt **Regiomontanus** (Königsberg i. Franken).
1473—1543 **Nicolaus Copernicus** (Thorn).
1546—1601 **Tycho Brahe** (Knudstrug b. Helsinborg).
1564—1642 **Galileo Galilei** (Pisa).
1570—1624 **Simon Mayr**, genannt **Marius** (Gunzenhausen).
1571—1630 **Johannes Kepler** (Weil die Stadt).
1572—1630 (?) **Johannes Bayer** (Rhein-Bayern).
1586—1657 **Jos. Baptist Cysat** (Luzern).
1625—1712 **Giovanni Domenico Cassini** (Perinaldo b. Nizza).
1629—1695 **Christian Huyghens** (im Haag).
1642—1726 **Isaak Newton** (Whoolstorpe).
1646—1719 **John Flamsteed** (Derby).
1656—1742 **Edmund Halley** (Heggerstadt).
1692—1762 **James Bradley** (Shireborn in Engl.).
1706—1761 **John Dollond** (Spitalfields).
1713—1762 **Nicol. Louis de Lacaille** (Rumigny).
1715—1799 **Pierre Charles Lemonnier** (Paris).
1719—1783 **Christian Mayer** (Meseritsch).
1723—1762 **Joh. Tobias Meyer** (Marbach).
1728—1777 **Joh. Heinr. Lambert** (Mülhausen i. E.).
1730—1817 **Charles Messier** (Bedonviller).
1732—1807 **Jos. François de Lalande** (Brurg-en-Bresse).
1732—1811 **Nevil Maskelyne** (London).
1738—1822 **Friedr. Wilh. Herschel** (Hannover).
1744—1804 **Pierre Franç. Méchain** (Laon).
1745—1816 **Joh. Hieron. Schröter** (Erfurt).
1746—1826 **Giuseppe Piazzi** (Ponte in Veltlin).
1747—1826 **Johann Elert Bode** (Hamburg).
1749—1822 **Jean Bapt. Delambre** (Amiens).
1749—1827 **Pierre Simon de Laplace** (Beaumont en Auge).
1750—1848 **Caroline Herschel** (Hannover).
1754—1832 **Franz Xaver Freiherr von Zach** (Presburg).

Nach Chr.

1758—1840 **Heinr. Wilh. Olbers** (Arbergen b. Bremen).
1761—1831 **Jean Louis Pons** (Peyre).
1765—1831 **Jos. Gottl. Friedr. von Bohnenberger** (Simmozheim).
1765—1834 **Karl Ludwig Harding** (Lauenburg).
1771—1830 **Johann Georg Repsold** (Bremen in Hannover).
1777—1855 **Karl Friedrich Gauß** (Braunschweig).
1780—1850 **Heinrich Christian Schumacher** (Bramstadt in Holstein).
1780—1854 **Bernh. Aug. von Lindenau** (Altenburg).
1781—1840 **Joseph Johann von Littrow** (Bischofteinitz in Böhmen).
1784—1846 **Friedr. Wilh. Bessel** (Minden).
1786—1853 **Dominique François Arago** (Estagel b. Perpignan).
1787—1826 **Joseph von Fraunhofer** (Straubing).
1788—1862 **Karl Ludwig Christ. Rümker** (Neubrandenburg).
1789—1854 **Wilh. Cranch Bond** (Falmouth, V. St.).
1789—1875 **Samuel Heinrich Schwabe** (Dessau).
1791—1865 **Johann Franz Encke** (Hamburg).
1792—1871 **Sir John Fred. William Herschel** (Slough).
1793—1864 **Fried. Georg Wilh. Struve** (Altona).
1793—1867 **Georg Merz** (Bihl in Bayern).
1794—1874 **Joh. Heinr. Mädler** (Berlin).
1795—1874 **Peter Andreas Hansen** (Tondern).
1796—1840 **Wilh. Gotthelf Lohrmann** (Dresden).
1799—1868 **Will. Dawes** (London).
1799—1876 **Friedrich Wilh. August Argelander** (Memel).
1800—1867 **William Parsons Graf v. Rosse.**
1801—1870 **Karl Aug. Steinheil** (Rappoltsweiler).
1805—1879 **Johann Lamont** (Braemar, Schottl.).
1806—1877 **Eduard Heis** (Köln).
1806—1880 **Chr. Aug. Friedr. Peters** (Hamburg).
1808—1872 **Friedrich Kaiser** (Amsterdam).
1810—1862 **Ormsby Macknight Mitchel** (Union County).
1811—1877 **Urbain Jean Leverrier** (Saint-Lô).
1811—1877 **K. Ludw. v. Littrow** (Wien).
1816—1872 **Charl. Eug. Delaunay** (Lusigny).
1818—1877 **Angelo Secchi** (Reggio).
1819 **Otto Wilh. v. Struve** (Dorpat).
1822—1875 **H. L. d'Arrest** (Kopenhagen).
1826—1875 **Richard Carrington** (Chelsea).
1830—1881 **Karl Bruhns** (Plön in Holst.).
1832 **Wilh. Förster** (Berlin).
1834—1882 **Joh. Friedrich Zöllner** (Leipzig).
1838—1880 **James Wolsen** (Elgin in Canada)

Sach- und Namen-Register.

Die Zahlen beziehen sich auf die Seitenzahlen des Buches. — Die mit gesperrter Schrift gedruckten Wörter sind Personennamen. Ein A. hinter einer Zahl bedeutet Abbildung.

